「義一第」で世界に挑め！
日本を牽引するイノベーション人材の育成
令和６年度文部科学省ＳＳＨ指定校

令和７年度課題研究Ⅲ

理数科３年
課題研究論文集

新潟県立高田高等学校

個人情報保護の観点から生徒名は削除して公開しています

課題研究論文集発刊に寄せて

新潟県立高田高等学校長　楝本　敏郎

本校は、平成25年度にスーパーサイエンスハイスクール（ＳＳＨ）の指定を受けて以降、科学技術人材の育成を図ってきました。今年度はⅢ期２年目として、「『第一義』で世界に挑め！～日本を牽引するイノベーション人材の育成～」という研究開発課題のもと、様々な活動に取り組んでいます。

理数科の生徒は、１年次に高田城址公園でフィールドワークを行ったほか、理数科科学セミナーや上越サイエンススタディ、先端科学技術講座などにおいて、低温物理の世界や発酵、遺伝子などについて学びました。プレ課題研究では、数学、物理、化学、生物の４分野に分かれて研究に取り組み、２月に発表会を行いました。

２年次にはサイエンスツアーでJAXAつくば宇宙センターなどを訪問し、また、「第12回新潟県ＳＳＨ生徒研究発表会 in Echigo NAGAOKA」や「世界津波の日2024高校生サミットin 熊本」に参加して研究の成果を発表しました。

課題研究については、２年次６月の「課題研究テーマ発表会」でテーマ設定の背景や目的、仮説や今後の計画を発表し、生徒との質疑応答だけでなく外部の専門家の方々から指導助言をいただきました。10月の東京研修では、それまでの取組を卒業生に対して発表してアドバイスをいただき、その後、研究のブラッシュアップを図りました。１月には「課題研究中間発表会」を実施し、運営指導委員や上越市内の医療関係者の方々から専門的な見地からの助言をいただきました。３年次の４月、高田城址公園オーレンプラザにおいて「理数科課題研究発表会」を開催し、それまでいただいた助言などを生かして深めた研究の成果について、サマリー発表とポスター発表を行いました。当日は運営指導委員をはじめとした専門家の方々からも多くの意見や助言をいただき、発表者にとって貴重な学びの機会となりました。この課題研究への取組や聴衆の前での発表は、将来、大学での研究や社会活動に必ず役立つと確信しています。

本論文集は、生徒が自分の興味や関心に基づいて課題を設定して仮説を立て、情報やデータを収集してそれらを整理・分析した結果をまとめた、課題研究の論文集です。中には不十分な部分もあるとは思いますが、後輩をはじめ今後課題研究に取り組む者にとって、テーマ設定や先行事例として役立つことを期待しています。

結びに、課題研究を進めるにあたり、運営指導委員の皆様、大学等の研究機関や医療機関、地元企業の皆様、科学技術振興機構及び新潟県教育委員会の皆様をはじめ、多くの関係者の方々から、熱心なご指導とご助言、温かいご支援をいただきましたことに深く感謝申し上げ、挨拶といたします。

目次

1　巻頭言　校長　　楾本　敏郎　1

2　目次　2

3　サイエンスコース生　研究論文　3

① SNS が Z 世代に与える消費行動とそのメカニズム　4
② 円柱の内部状態による加速度の変化　6
③ 海底構造物による津波の威力減少　8
④ 雪道に最も効果的なトレッドパターン　11
⑤ 流水による物体の振動　13
⑥ マグネシウム空気電池の改良　20
⑦ 牛乳を用いたプラスチックの生成　23
⑧ 地域に着目した針葉樹の精油抽出と香りの評価　26
⑨ ナメコの抗菌性　30
⑩ 岩石で再エネ発電の電力ロスを無くしたい！～蓄熱材に最適な岩石の考察～　33

4　メディカルコース生　研究論文　38
① ドクターヘリの現状と課題　39
② 救急車の不適切利用　40
③ 入浴と睡眠の質の関係　42
④ 後発医薬品による国民医療費削減　44
⑤ ストレスチェックの効果を高めるために　46
⑥ 学生の視力の現状と解決策　48
⑦ AI を活用した生活習慣病の予防　52
⑧ 外科医の減少とロボット手術　53
⑨ AED の使用率を上げるには　55
⑩ 超高齢社会における医療・介護の課題　57
⑪ スマホ依存症の現状と対策　59
⑫ 延命治療における TLT の導入と今後の医療体系の課題・展望　62
⑬ かかりつけ医制度の課題と解決策　65
⑭ 持続可能な小児医療にむけて　67

5　編集後記　70

サイエンスコース生
研究論文

SNS が Z 世代に与える消費行動とそのメカニズム

理数科 3 年（1 名）

I wanted to find out what kind of advertisements Generation Z sees on social media and what they want to buy, so I conducted this experiment using my classmates as samples. As a result, it was inferred that their behavior was influenced by various factors.

１　要旨

Z 世代が SNS 上のどのような広告を見て、「買いたい」と思うものについて探ろうと思い、同級生を対象として実験を行った。その結果、今回の実験では様々な要素によって Z 世代が行動していることが推察された。

２　研究目的

ここでの消費行動とは、消費者が広告を見て買いたいと思う衝動に駆られる行動のことであると定義する。私たちは感覚的に、我々の消費行動が様々な要素によって影響されていることに思い至るが、この事象が起こる仕組みについては領得されていない。そこで同級生を対象としてこの仕組みを明らかにしたいと思い、この研究を行った。

３　研究方法

図１のような架空広告を作成し、アンケートで被験者に見せ、興味度や購買意欲度などをそれぞれ５段階評価で回答したものを集計し、その結果を元に分析・考察や解明を行う。図１の他に文字の長さや、図１のような画像ではなく動画で、時間の長さを変えるなどの、様々な条件での比較も行った（表１）。

図 1

表 1

	画像	動画音声あり	動画音声なし	長さ
実験１	使用	なし	なし	24，40，48 字
実験２－１	なし	使用	なし	10，15，30 秒
実験２－２	なし	なし	使用	同様
実験２－３	なし	使用	使用	15 秒のみ
実験３	使用	使用	使用	15 秒、40 字

４　結果

集計した結果、今回、被験者が最も興味があって買いたいと思う条件が１５秒の動画音声ありということが分かった。（図２）また、最も興味があっても買いたいと思わない条件が１５秒の動画音声なしであった。なお、これは私が立てた仮説と概ね同様な結果になった。

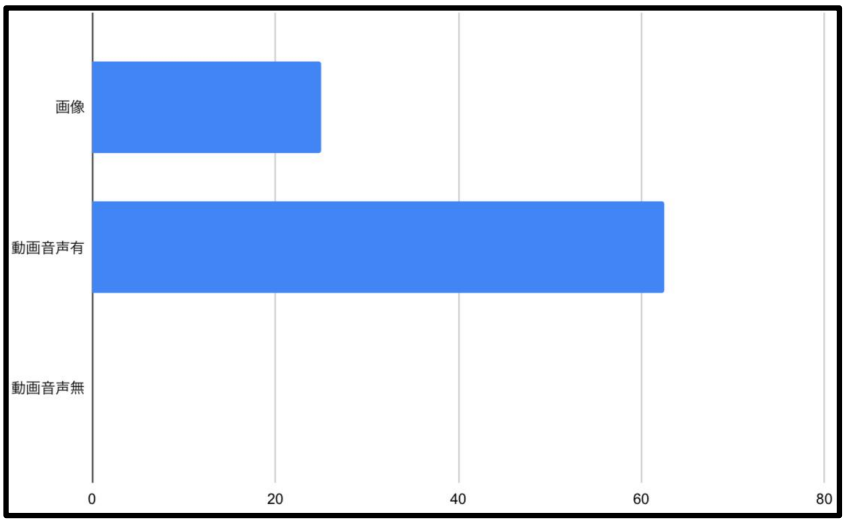


図２

※横軸のパーセンテージは、興味があって買いたい人の割合である。

５　考察

今回の様々な条件での実験を踏まえて、１５秒の動画音声ありがＺ世代に最も買いたいと思う衝動に駆られるということが推察される。また、音声なしでは、音声ありの時よりも視覚からの情報が多く分散しにくいので、集中する体力のないＺ世代にとっては、負担が大きいため、音声なしが最も少なかったと考えられる。

６　結論

今回の研究では、当初の目的であったＺ世代の消費行動に対するメカニズムについての領得を達成することができなかった。しかし、同級生を対象とした今回の実験では、音声、長さ、などの様々な要素によってｚ世代は消費行動を起こしていると推察される。今後の課題としては、被験者を同級生としていたところからさらに拡大して、全国のＺ世代を対象として実験を行いたい。

７　参考文献

広告コピーの効果性テストに関する実験社会心理学的一試行　河津　雄介
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjesp1960/5/2/5_2_149/_article/-char/ja/
權　純鎬　媒体が消費者に及ぼす影響― 紙媒体と電子媒体の比較を中心に
―ShogakuKenkyukaKiyo_87_5.pdf
「Instagram の接触と第三者からの評価が消費の満足度に与える影響」
https://www.komazawa-u.ac.jp/~knakano/NakanoSeminar/wp-content/uploads/2019/06/ 前田明里

円柱の内部状態による加速度の変化

理数科３年（2 名）

We conducted experiments using five cylinders to see how the acceleration of a cylindrical object changes when the internal state of the object changes. As a result, it was found that the acceleration varies depending on the internal state of the cylinder.

１　要旨

円柱状の物体において、内部の状態が変化すると、加速度がどのように変化するのか５つの円柱を用いて実験を行った。その結果、円柱内部の状態によって加速度に変化が生まれることが分かった。

２　研究目的

一般に、斜面の傾きが一定ならば、物体の加速度は一定であると学んだ。内部の状態がこの実験の結果を用いて斜面上を移動させる物体などに応用することができるかもしれないと考えた。

３　研究方法

中身が空洞である円柱を用意し（図 1）、その中に入れる物質を変えたり、敷き詰め具合を変化させたりする。これらの円柱を一定の傾きの板（仰角約 1.5°、100cm）の上で静止させた状態から手を離して転がす（図 2）。転がる様子をスローモーションカメラで撮影し、円柱の加速度を測定する。実験での計測値の範囲内で、平均の加速度が最大、最小になる条件を考察した。

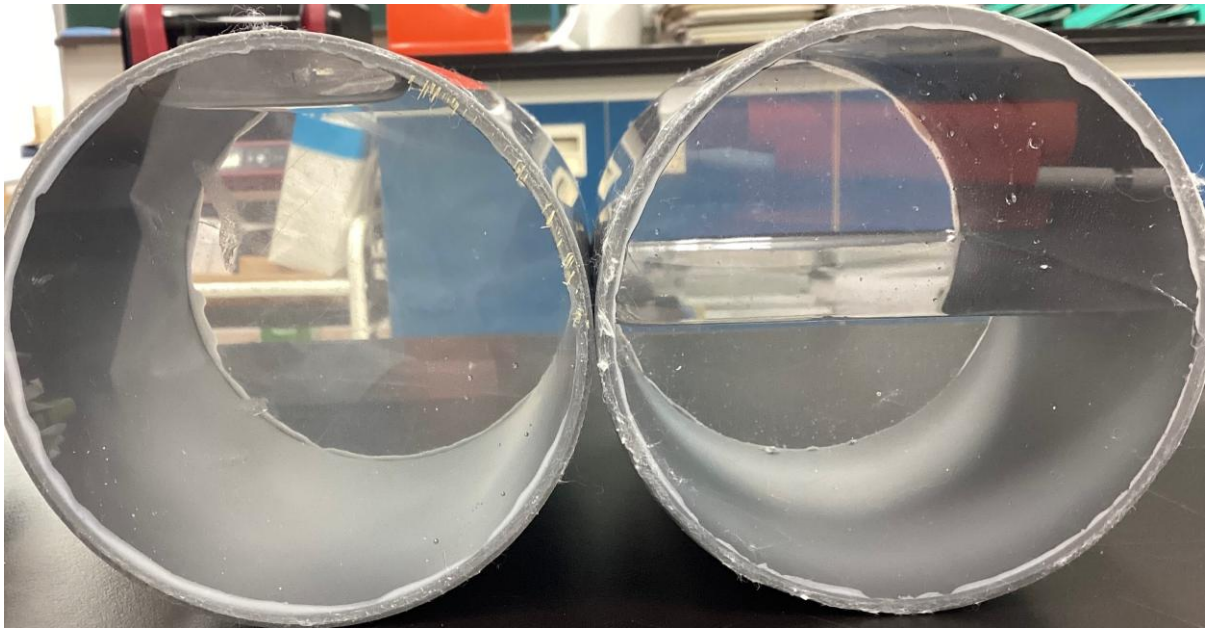


図１　実験で使用した円柱

図２　実験の様子

４　結果

円柱 Wa…中身の全てを水で満たす。
円柱 Wb…中身の３分の２を水で満たす。
円柱 Wc…中身の２分の１を水で満たす。
円柱 Wd…中身の４分の１を水で満たす。
円柱 Wo…内部に何も入れない。よって、100cm 転がるのにかかった時間の大小関係は、Wa<Wb<Wc<Wd<Wo となる。

〈１００cm転がるのに要した時間〔s〕の大小関係〉

	円柱Wa	円柱Wb	円柱Wc	円柱Wd	円柱Wo
かかった時間の平均〔s〕	1.58	1.63	1.73	1.96	2.15

５　考察

結果より、100cm 転がった直後の速度の大小関係は、Wa>Wb>Wc>Wd>Wo となった。よって、100cm 転がったときの平均の加速度の大きさは、Wa>Wb>Wc>Wd>Wo と分かる。このことから、内容物が水の場合、円柱内部の敷き詰め具合が小さくなるほど加速度も小さくなっていくと推測できる。

６　結論

この研究から、内容物が水であった場合、円柱の敷き詰め具合が変化することによって加速度は変化するということが判明した。しかしながら、水以外での物質では実験を行うことができなかったため、今後は水以外の物質で実験、考察し円柱の加速度がどのように変化するのか確かめていきたい。

７　参考文献

・金沢工業大学　KIT 物理ナビゲーション　https://x.gd/2x9ro
・【物理】慣性モーメントの計算の基礎を 5 種類の物体でわかりやすく解説(2024)
https://study-satellite.com/expertise/physics/moment-of-inertia/#index_id7

海底構造物による津波の威力減少

理数科３年（３名）

After experiencing the tsunami off the coast of Ishikawa Prefecture and researching disaster prevention measures, we realized that there were problems with the landscape and decided to build a structure that was completely underwater, and this experiment was carried out. The results suggested that submarine structures are meaningless if they are too small and that the power reduction can be increased by placing the structures at appropriate intervals.

１　要旨

石川県沖の津波を経験し、防災対策について調べたところ、景観に問題があることを知り、完全に水中にある構造物を作ろうと考え、この実験を行った。その結果、海底構造物が小さすぎては意味がないこと、また、適切な間隔で構造物を配置することで威力減少が大きくなることが示唆された。

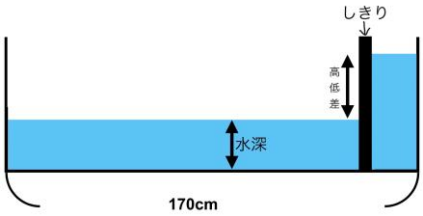
２　研究目的

我々は令和６年能登半島地震を経験し、津波の恐怖を改めて知るとともに津波について研究したいと思い、調べると防潮堤の景観に問題があることを知った。そこで完全水中にある防潮堤を造りたいと思い調べてみると、実際に海底構造物を用いて威力を減少できることが先行研究にて分かった。そこで我々は特に構造物の配置と間隔が津波の威力減少にどのように関わっているかを調べる。

３　実験方法・仮説・結果と考察

【津波発生装置】

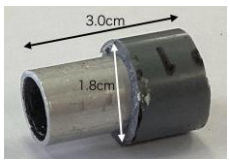
仕切りによって水位の差を作り、仕切りを引き上げることによって津波を発生させる。



【構造物】

ユースリット型：直径が異なる筒状のものを２つ繋げた構造物。高さ：１．８cm、長さ：３．０cm

円柱型：円柱の構造物。直径：３．６cm、高さ：５．０cm



【実験方法】

津波を発生させ、津波が構造物を通過する前と後の津波の高さの差を求めた。測定方法は定規を壁に貼り、iPad で撮影した動画から求めた。

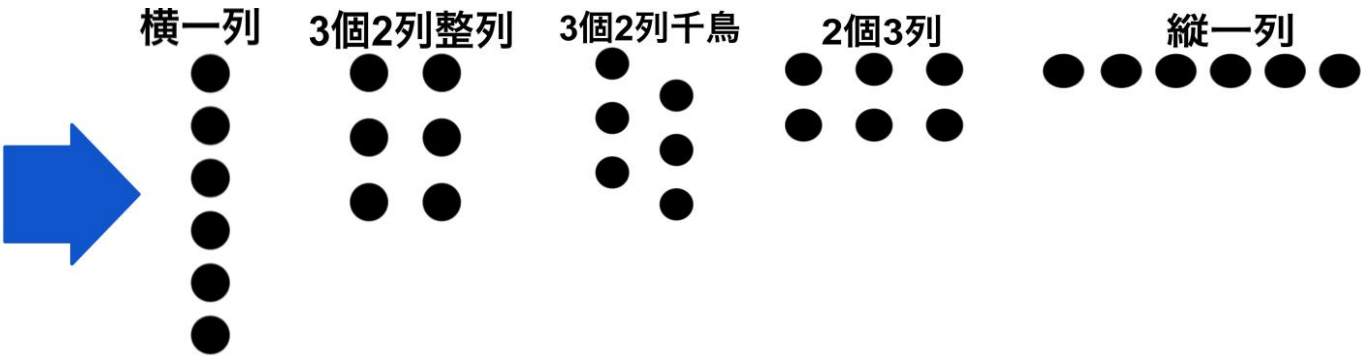
【実験１】

先行研究で有効とされていたダブルシリンダー構造物を用いて、様々な数、配置で実験を行った。構造物は長さ３cm、高さ１．８cm であり、水深５．５cm、高低差４cm である。

【仮説１】
　個数の多い方が、津波の流れが複雑になるため威力減少が大きくなる。

【結果と仮説１】
　様々な配置で実験を行ったがいずれも明確に威力減少は見られなかった。これは津波の大きさに対して構造物が小さかったためだと考えられる。次に構造物を高くしてみた。

【実験２】
　限られた構造物の個数（６個）をどのように配置すれば最も威力が減少するのかを調べる。配置は６個１列、３個２列、３個２列千鳥配置、２個３列、１個６列で行った。全て横間隔１．５cm、縦間隔２．０cm である。また、構造物は直径３．６cm、高さ５cm であり、水深は２cm、高低差５cm である。



【仮説２】
　横に長い方が津波の威力が最大のときにぶつかる構造物の個数が多くなるため、津波の威力が減少する。千鳥配置の方が構造物をすり抜けた津波が正面から後列の構造物にあたるため、威力が減少する。

配置の種類	減少量
なし	1.8mm
横一列	5.2mm
3個2列整列	4.2mm
3個2列千鳥	3.5mm
2個3列	3mm
縦一列	2.2mm

【結果と考察２】
　仮説通り、横に長い配置の方が縦に長い配置よりも威力が減少することがわかった。これは、横に長い配置の方が１回で津波のエネルギーを減少させられるためだと考えられる。また、千鳥配置よりも整列配置の方が威力が減少した。これは予想外の結果であったため、構造物の間隔が威力減少にどのように影響するのか調べることにした。

【実験３】
　実験２において津波の威力減少が大きかった３個２列整列配置に注目し、縦の間隔を２cm、５cm、２０cm、４０cm にして行った。

縦間隔(cm)	減少量
2	3.8mm
5	4.4mm
20	4.2mm
40	3.4mm

【仮説３】
　構造物どうしが近い方がお互いに干渉し合い流れが複雑になるため、威力が大きく減少する。

【結果と考察３】
５cm、２０cm で減少量が大きくなったが、大きな差はみられなかった。構造物の間隔を適切な距離にすると、減少する割合が大きくなると思われるが、さらに実験を行わないとはっきりとした結論は出せない。

４　まとめ・今後の展望
今回の実験では、先行研究で効果があるとされた海底構造物で津波の明確な威力減少が見られなかった。しかし、水面から上に出るぐらい大きい構造物では、津波が最初に通過する構造物の個数が多い方が効果があること、適切な間隔に配置すると津波の威力減少が少し大きくなるということが分かった。しかし、なぜ最初の構造物を通過した後に正弦波の要素が大きくなるのか、また、千鳥配置での横と縦の間隔を変えたらどうなるのか、など多くの疑問点が残っている。これからも研究を続け最大の効果が得られる構造物の形や配置を発見したいと考えている。

５　参考文献
●木南幸帆 森遥香 油片愛翔 榎本倫太郎 小林憲輔. “津波被害を軽減させる海底構造物の形状”. 石川県教員総合研修センター. 2024-03-01. https://cms1.ishikawa-c.ed.jp/izumih/wysiwyg/file/download/30/1503, (参照 2024-05-30)
●小田沙也加 近藤泰生 竹内壮志 津田丞太郎 日比野雅俊. “津波の性質を利用した被害の軽減”. 石川県総合研修センター. 2024-03-01. https://cms1.ishikawa-c.ed.jp/izumih/wysiwyg/file/download/30/2060, (参照 2024-05-30)
●井上祥佑 長村侑紀 萬上雄太 日比野孝俊 吹上陽向大. “津波の性質を利用した津波被害軽減の方法の模索”. 石川県総合研修センター. 2024-03-01. https://cms1.ishikawa-c.ed.jp/izumih/wysiwyg/file/download/30/2487, (参照 2024-07-03)
●菅圭之介 斉藤健. “チリの大地震と津波警報”. 独立行政法人 国立科学博物館. 2024-01-01. https://www.kahaku.go.jp/userguide/hotnews/theme.php?id=0001268617319721, (参照 2024-07-09)
●日浅 玉龍. “代表長さ”. 株式会社 ソフトウェアクレイドル. 2024-04-01. https://www.cradle.co.jp/glossary/ja_T/detail0262.html, (参照 2024-07-16)
●本郷星七 井手史人 岩田蒼唯 大村明尚 河津璃琥 谷口斗梧 安田陽向 今村美優 坂田華. “津波の被害を軽減させる海底構造物の可能性”. 株式会社 paperboy&co. 2024-10-01. http://tetsu-sience.lolitapunk.jp/rika/pdf7/111.pdf, (参照 2024-09-24)

雪道に最も効果的なトレッドパターン

理数科 3 年（2 名）

This study investigated how tyre tread patterns affect the slipperiness of snowy roads. In particular, it examined the effect of circular tread patterns on friction. First, a preliminary experiment was conducted to confirm how friction changes with varying contact area. Then, the snow friction of six different tread patterns was compared. The results showed that patterns closer to a circle tended to have lower friction and that the configuration and orientation of the grooves significantly impacted friction. This study provided valuable insights into the design of safer tyre tread patterns for snowy roads.

1　要旨

本研究では、タイヤのトレッドパターン（溝の形状）が雪道における滑りやすさに与える影響を調べた。特に円形模様を含むトレッドパターンが摩擦力にどのような違いをもたらすかを検証した。まず接地面積を変えて摩擦力の変化を確認する予備実験を行い、その後、6 種類の異なるトレッドパターンを用いて雪道上での動摩擦力を比較した。実験の結果、円の形に近いパターンほど摩擦力が小さい傾向が見られ、溝の配置や向きが摩擦力に大きく影響することが分かった。本研究により、雪道においてより安全性の高いトレッドパターンの設計に役立つ知見が得られた。

2　研究目的

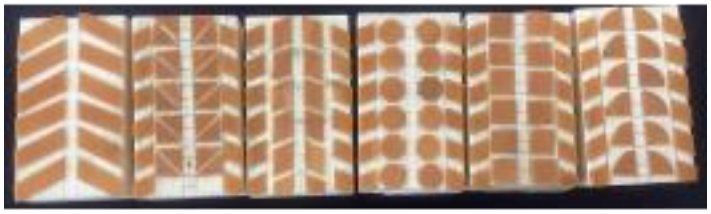
タイヤの表面にはさまざまな模様（トレッドパターン）があり、その形状がタイヤの性能、特に雪道での滑りに大きな影響を与えると考えられる。降雪量が多い上越市では、雪道でのスリップ事故が頻発するため、雪道での安全性向上が求められている。本研究では、降雪時で動摩擦力が大きくなるトレッドパターンの特徴を既存のトレッドパターンを比較・分析し、明らかにする。

3　研究方法

予備実験では、接地面積と摩擦力の関係を調べるため、幅の異なるトレッドパターン（4 本・8 本・　12 本）を貼り付けた板を用い、砂の上で 50㎝ 滑らせた際の打点数を計測した。これにより、接地面積の違いによる摩擦力の変化を確認した。

本実験では、雪道での動摩擦力を測定するため、6 種類の異なるトレッドパターンを貼った板を 人工雪道上で 50㎝ 滑らせ、1 つのパターンにつき 10 回ずつ同じ条件で実験を行った。記録タイマーを用いて打点数を計測し、平均の速さから各パターンの摩擦力を比較した。

A　　B　　C



①　②　③　④　⑤　⑥

4　結果

予備実験

種類	A	B	C
速さ	0.47m/s	0.47m/s	0.48m/s

本実験

種類	①	②	③	④	⑤	⑥
速さ	0.83m/s	0.65m/s	0.83m/s	0.86m/s	0.61m/s	0.84m/s

5　考察

予備実験から、接地面積を変えても摩擦力への大きな変化は見られなかったことから、質量を等しくすることによって接地面積と摩擦力の関係は見られない。

本実験から、②は他のトレッドパターンに比べて溝の数と逆V字の形が多く、雪が引っかかるところが多くなったため、摩擦力が大きくなったと考えられる。また、円の形に近づくほど摩擦力が小さくなる傾向が見られたことから、雪に引っかかりにくくなり、摩擦力が低下した可能性があると考えられる。

6　結論

本実験の結果、雪道での摩擦力が最も大きかったのはトレッドパターン②であり、次いで⑤、①、③、④、⑥の順となった。摩擦力の大きさにはトレッドパターンの形状が大きく関係しており、特に円形に近い模様のものは摩擦力が小さい傾向にあった。これは、円形のパターンでは接地面積が少なくなったり、力がうまく伝わらなかったりするためと考えられる。したがって、雪道での滑りにくさを高めるには、円形を避け、溝の向きや配置が工夫されたトレッドパターンが有効であると結論づけられる。

7　参考文献

・滝口栄ニ 特集 摩耗と摩擦「タイヤの摩擦と摩耗」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/gomu1944/61/5/61_5_327/_pdf/-char/ja
・平成30年度愛媛県立宇和島東高等学校
「タイヤのトレッドパターンと摩擦の関係」
https://uwajimahigashi-h.esnet.ed.jp/uploads/h302nen06.pdf

流水による物体の振動

理数科 3 年（3 名）

Flow-induced Vibration of an Object

We focus on the vibration phenomena of objects induced by the Kármán vortex, with the aim of identifying the object shape that most efficiently generates energy from the vibrations of flowing water and exploring the potential of a novel renewable energy technology.

１　要旨

カルマン渦による物体の振動現象に着目し、流水中の振動を利用した発電において最も効率的な物体形状を明らかにし、新たな再生可能エネルギー技術の可能性を探る。

２　研究目的

近年のエネルギー問題の深刻化を受け、流水中に生じる「カルマン渦」（流体が障害物周辺で交互に渦を形成する現象）を利用した振動発電に注目した。先行研究では一定電圧の発生など、一定の成果が報告されているが、振動子の形状や配置による発電効率への影響については十分に検証されていない。そこで本研究では、カルマン渦が物体の振動特性に及ぼす影響を系統的に分析し、最適な形状・配置条件を明らかにすることを目的とする。

３　先行研究でわかっていること

・振動実験から、物体の振動がカルマン渦による強制振動に近い現象であることが示された。[1]
・最大電圧 1.32V を得ることができた。[1]
・LED の発光に成功した。[2]

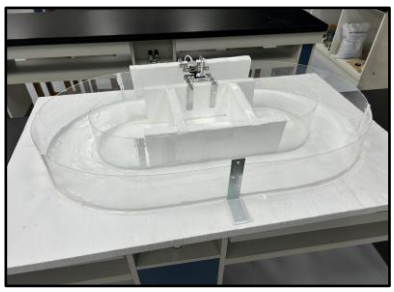
４　仮説

・振動子の形状および配置方向により、カルマン渦との干渉の程度が変化し、振動の効率（振幅・振動数）が変化する。
・特に、滑らかで細長い形状かつ対称性のある配置が、周期的な渦の生成を妨げず、安定した振動が得られると予想される。
・また、振動子の「うで」の長さが長いほど、振幅は大きく、振動数は小さくなると考えられる。

５　実験方法と実験結果

・水流発生装置

右図に示す水路を作成し、ポンプを設置して安定した水流が発生するようにした。



装置の条件　周長 2.1m 幅 0.14m 深さ 0.10m

・振動子

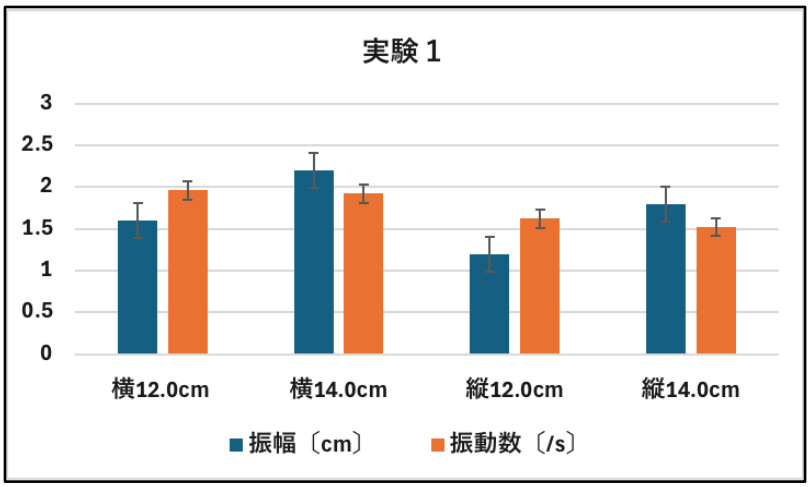
実験中、振動子が沈まないよう木製の円柱を作成し、振動させるため、実験１では銅線を、実験２以降ではステンレス板を円柱に固定して自由振動を可能とした。

Ⅰ. 実験１
振動子のうでの長さが与える影響について

・円柱の直径 3.2cm、高さ 12cm、うでが銅線で長さ 11.0cm、12.0cm、14.0cm の振動子を作成、水面に垂直な方向（縦方向）、水面に平行な方向（横方向）に配置し、振動の中心から最大変位までの距離（振幅〔cm〕）、１秒あたりの振動回数（振動数〔/s〕）の測定を行い、各条件について１分の測定を 10 回行い、平均値を取る。
※実験１から実験５まで水流の速度（水面）は 0.27m/s で計測を行った。この流速は、一般的な日本の「穏やかな川」の流速とほぼ同等であるため、自然環境に近い状況下での振動と評価できる。

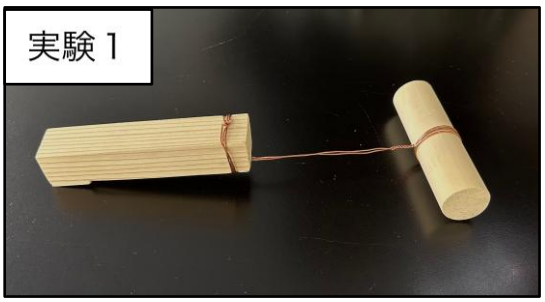
実験１の仮説
うでの長さが長いほど振幅が大きく、振動数が小さくなる。そして、振動がカルマン渦によるものであれば、横方向、縦方向ではカルマン渦に大きな差ないと考えるので、それから受ける力は等しく、横方向と縦方向では振幅・振動数に差は見られない。

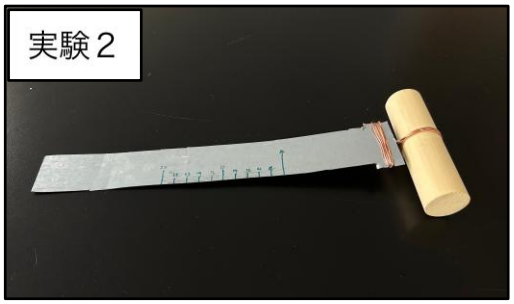
実験１の結果
横方向・縦方向どちらも振幅は、うでの長さが 12.0cm の場合よりも、14.0cm の場合の方が大きくなり、振動数は、14.0 cm の場合よりも 12.0 cm の場合の方が大きくなった。横方向と縦方向を比べると、横方向の方が縦方向よりも振幅・振動数がともに大きくなった。横方向と縦方向で同等の力を受けると仮定したが、実際には横方向配置のほうが縦方向と比較して両者ともに、大きい値を示し、配置方向によるカルマン渦の干渉の違いが示唆された。



	横12.0cm	横14.0cm	縦12.0cm	縦14.0cm
振幅〔cm〕	1.6	2.2	1.2	1.8
振動数〔/s〕	1.96	1.92	1.62	1.52

この結果から、仮説自体は支持されるものの、うでの長さに関するデータ数が不足しているため信頼性に欠けると判断した。そこで、実験１で用いた振動子は作成後にうでの長さを変更できないという課題を解消するため、ステンレス板を用いて、うでの長さを自在に調整可能な振動子を新たに作成した。





Ⅱ. 実験２

振動子のうでの長さが与える影響について

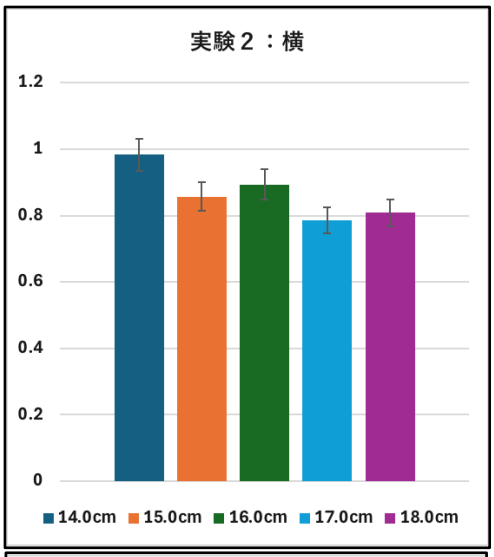
・実験１と同じ円柱で、うでがステンレス板の振動子を縦方向および横方向に配置し、うでの長さ 10.0cm から 20.0cm の 1.0cm ごとの振幅、うでの長さが 14.0cm、15.0cm、16.0cm、17.0cm、18.0cm での振動数を測定する。

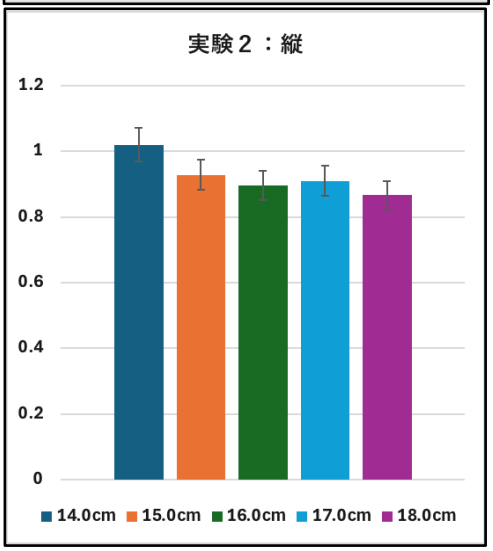
実験２の仮説

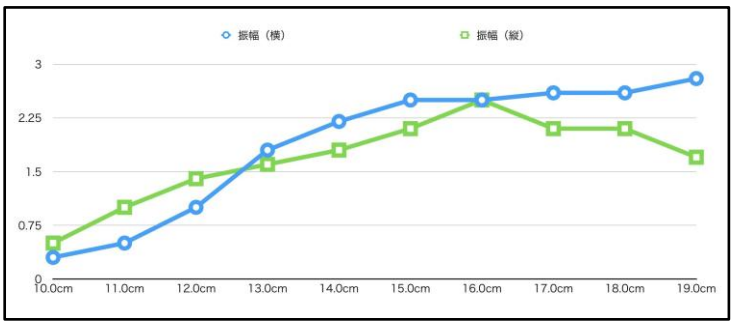
実験１と同様である。

実験２の結果

横方向の配置では、うでの長さが短いほど振幅が小さく、長いほど振幅が大きくなるという仮説通りの結果が得られた。一方、縦方向の配置ではうでの長さが 16.0 cm の場合に振幅が最大を示し、それ以上の長さでは振幅が低下した。また、振動数にはうでの長さが長い振動子ほどばらつきが大きく見られた。これらの結果から振動子には、それぞれのうでの長さで固有振動数が存在し、その固有振動数がカルマン渦の振動数と一致した条件で、振幅が最大化されたと考えられる。さらに、振動数のばらつきや実験 1 との結果の相違は、うでに用いた材料ごとの復元力の違いや、固定部での力のかかり方の違いが影響したものと考察される。



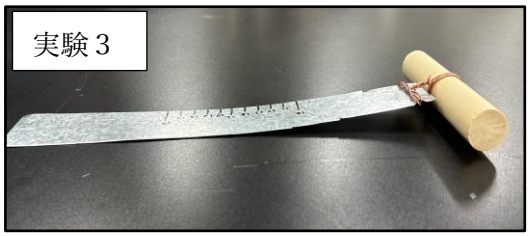




	14.0cm	15.0cm	16.0cm	17.0cm	18.0cm
横　振動数〔/s〕	0.983	0.857	0.894	0.786	0.809
縦　振動数〔/s〕	1.02	0.928	0.895	0.909	0.867

	10.0cm	11.0cm	12.0cm	13.0cm	14.0cm	15.0cm	16.0cm	17.0cm	18.0cm	19.0cm
横　振幅〔cm〕	0.3	0.5	1	1.8	2.2	2.5	2.5	2.6	2.6	2.8
縦　振幅〔cm〕	0.5	1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.5	2.1	2.1	1.7

Ⅲ. 実験３
振動子の円柱の直径の大きさが与える影響について

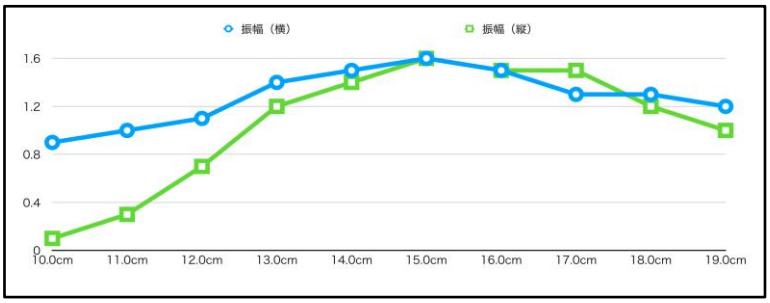


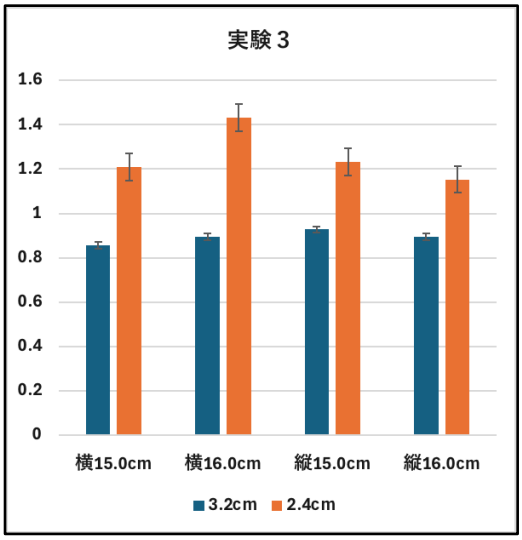
・円柱の直径が 2.4cm である振動子を作成し、直径以外の条件を同じにし、うでの長さ 10.0cm から 19.0cmの1.0cmごとの振幅、うでの長さが15.0cm、16.0cm での振動数を測定する。
・円柱部分の直径を 2.4 cm（小）と 3.2 cm（大）の二種類で比較し、カルマン渦との干渉の影響を評価する。

実験３の仮説
細くなることでカルマン渦の発生頻度が上がり、さらに振動子が振動の最中にカルマン渦の生成を妨害すること（振動子とカルマン渦との干渉）が弱くなると考えるので、実験２の振動子より、横方向・縦方向ともに、振動数が大きくなると考える。また振幅については、細くなることでカルマン渦の大きさが小さくなると考えるので、細い方が小さくなると考える。

実験３の結果
仮説に沿って、直径が 2.4cm の方が 3.2cm よりも振動数が大きくなり、振幅は小さくなることが確認された。一方で、「カルマン渦の発生頻度が増加している」だけということも考えられるので、必ずしも振動子と渦との干渉が減少したとは断定できない。そこで、振動子とカルマン渦の干渉をより詳細に把握するために、他の実験を通じて干渉の影響を調べることとした。

	大15.0 cm	小15.0 cm	大16.0 cm	小16.0 cm
横　振動数〔/s〕	0.857	1.21	0.894	1.43
縦　振動数〔/s〕	0.928	1.23	0.895	1.15





	10.0cm	11.0cm	12.0cm	13.0cm	14.0cm	15.0cm	16.0cm	17.0cm	18.0cm	19.0cm
横　振幅〔cm〕	0.9	1	1.1	1.4	1.5	1.6	1.5	1.3	1.3	1.2
縦　振幅〔cm〕	0.1	0.3	0.7	1.2	1.4	1.6	1.5	1.5	1.2	1

Ⅳ. 実験４
振動子の水中に沈む体積の比率が与える影響について

・円柱直径 3.2 cm，高さ 12 cm，うでの長さ 16.0 cm を縦配置とし，振動子が水中に沈む直柱体積の比率を 1/4，1/2，3/4 の三段階で変化させて振幅・振動数を測定した。

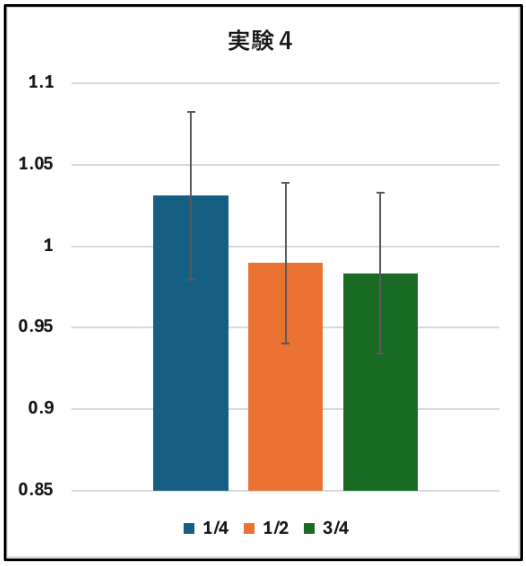
実験４の仮説

振動子が水中に占める体積比が大きいほど，円柱周囲のカルマン渦との干渉が強くなると考える。したがって、水中に沈んだ体積の比率が小さい条件では干渉が弱まり、振動数は大きくなると予想する。また、カルマン渦の大きさは体積の比率に依存しないものと仮定したため、振幅には大きな差が見られないと考える。

実験４の結果

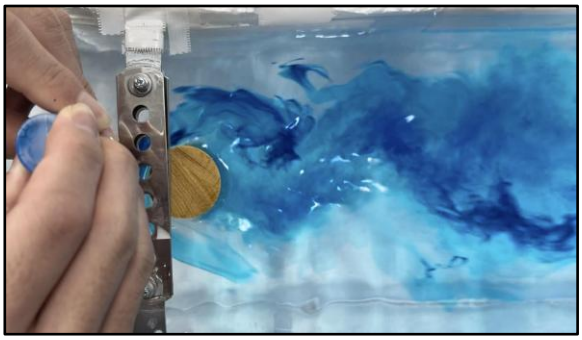
水中に沈んだ体積の比率が¼の条件で振動数が最も大きく、振幅もわずかに増加した。一方、体積の比率が½および¾では振動数・振幅ともに大きな変動は見られず、沈む体積が小さいほどカルマン渦との干渉が弱まり振動数が大きくなることが示唆された。

	1/4	1/2	3/4
振幅〔cm〕	2.6	2.5	2.5
振動数〔/s〕	1.03	0.989	0.984



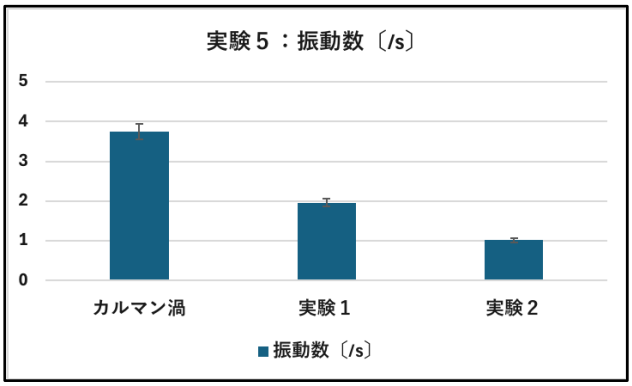
Ⅴ. 実験５
カルマン渦と振動子の干渉について
・実験 2 で用いた円柱直径 3.2 cm の振動子を静止させた状態で、流速 0.27 m/s の流水中において円柱通過前の流域へ、インクを数滴垂らし、カルマン渦の生成を可視化した。それを撮影した動画から、カルマン渦の 1 秒あたりの発生回数（カルマン渦の振動数）を計測する。

・円柱の水流通過後の流域にカルマン渦が発生しているのが確認される



実験５の結果

結果として、振動子を静止させた時に発生するカルマン渦の振動数は実験１、実験２で観測された振動数を上回ることが明らかとなり、振動子の振動がカルマン渦の生成周期に影響を与えていることがわかった。



	カルマン渦	実験１	実験２
振動数〔/s〕	3.75	1.96	1.02

VI. 実験６

水流の速度が与える影響について

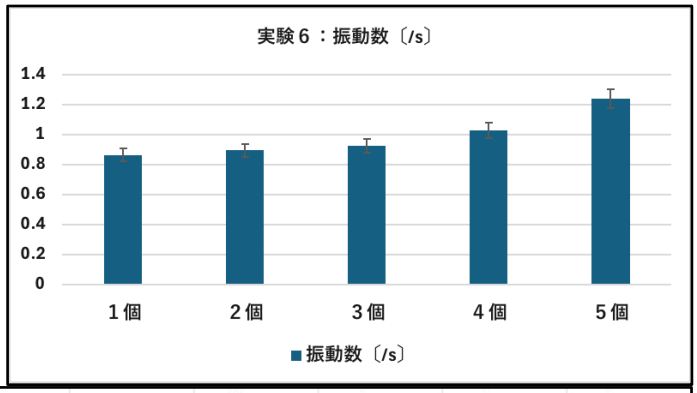
・実験２で用いたものと同じ、直径 3.2 cm、高さ 12 cm、うでの長さ 16.0 cm の振動子を用いて，流水速度を 0.27 m/s（実験１～５：ポンプ２台運転）と比較して，複数台のポンプ運転により流速を計り、各条件下で振幅・振動数を測定する。

実験６の仮説

水流速度が大きいほどカルマン渦の生成が活発になり、振幅・振動数ともに大きくなると考える。

実験６の結果

ポンプが増え、水流の速さが大きくなるほど振幅・振動数どちらも大きくなった。このことから水路の下層より水流の速い、上層に設置することで効率の良い振動が得られることが考えられる。



	１個	２個	３個	４個	５個
流速〔m/s〕	0.21	0.27	0.31	0.34	0.36
振幅〔cm〕	2.2	2.5	2.6	2.8	3.1
振動数〔/s〕	0.863	0.894	0.923	1.03	1.24

６　考察

（ｉ）実験１と実験２では使用した振動子の固有振動数は異なるが、いずれも良好な振動が得られた。

（ⅱ）実験５より、振動子を固定した場合に生じるカルマン渦の発生周期は 0.27s（＝3.75〔/s〕の逆数）であった。当初、振動子はこれと同じ周期の力を受けて強制振動すると考えられていたが、実際の振動子の振動周期はこれよりもはるかに大きかった。

⇒カルマン渦は、振動子の振動による影響を受け、本来の発生周期（振動子を固定した場合の発生周期）よりも大きな、振動子の固有振動周期に近い周期で発生すると考えられる。

（iii）実験１の振動子の振動数は２〔/s〕程度であった。

（iv）実験２の振動子の振動数は 0.8～1〔/s〕であり、うでの長さが長くなるほど小さくなる傾向が見られた。
⇒各振動子の固有振動数が異なるためと考えられる。

（ｖ）実験２、３より、うでの長さが 15～16cm の時に振幅が最大になった。ただし 14～18cm の範囲においても振幅は比較的大きく、共振に近い状態であると考えられる。

⇒固有振動周期が異なる振動子であっても、カルマン渦の発生周期が固有振動周期とほぼ一致し共振が生じたと考えられる。

（vi）実験６より、ポンプの数が１～３個の場合は振動子の振動数は約 0.9〔/s〕でほぼ一定である。

一般的に、渦の振動数は流速に比例することが知られているが、今回の実験ではそのような関係が見られなかった。

⇒カルマン渦の発生周期は、流速によらず振動子の固有振動数に一致したと考えられる。

$$S_t = \frac{fL}{U}$$

f　振動数
L　代表寸法
U　代表流速

ストローハル数

以上の結果から新たに次の仮説を立てた。

仮説：カルマン渦の発生は物体の振動による影響を受け、カルマン渦が物体の固有振動周期に近い周期で発生するような固有振動周期の範囲が存在する。
言い換えると、<u>カルマン渦は、ある程度物体の振動に同調して発生する。</u>

７　結論

流水中の振動子の振動はカルマン渦の発生周期に影響を及ぼす可能性が示唆された。振動子の振幅は、カルマン渦の発生周期が振動子の固有振動周期に一致するときに共振により大きくなると考えられるが、カルマン渦はある程度振動子の振動に同調して発生することで、良好な振動が得られる振動子の固有振動数には、ある程度の範囲（自由度）が存在する可能性が考えられる。この範囲を明らかにすることで、最適な振動子の設計が可能になると考える。今後はこの点について調査を行いたい。

８　最後に

得られた電力の活用方法として、先行研究ではサンゴの成長を支援することが提案されていた。我々は、海底構造物の錆を防止するため、カソード防食を行うことを提案する。このように、新たな応用分野への探究を進め、実用性の向上を図ることを目指したい。

９　参考文献

［１］朝倉塁・高橋智幸 (2010)「カルマン渦列を利用した小型水力発電装置開発と基礎的検討」
土木学会論文集 B2, 66(1):1286-1290
［２］新潟県立新潟南高校「流水を利用した振動発電」平成 27 年度 SSH 生徒研究発表会要旨集:151

マグネシウム空気電池の改良

理数科３年（３名）

Japan is prone to disasters, such as last year's Noto Peninsula earthquake. Therefore, we thought that an emergency power source that maintains voltage during disasters was necessary. Therefore, we took on the challenge of creating a battery that would not lose voltage for an extended period of time and was able to maintain a higher voltage than previous research. For the battery, a magnesium plate with a large standard electrode potential was used as the negative electrode, and an air battery that consumes oxygen as the positive electrode was fabricated. As a result, the voltage of the magnesium-air battery could be maintained by using EDTA4Na.
The way ‘the magnesium air battery’ works.
negative electrode: $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$
positive electrode: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

1　要旨

昨年の能登半島地震など日本は災害が多い。そのため災害時に電圧を維持した非常用電源が必要であると考えた。そこで、長時間電圧が低下しない電池の作成に挑み、先行研究よりも高電圧を維持できた。また、電池には資源の乏しい日本でも十分確保可能で安全性の高く、標準電極電位が大きいマグネシウム板を負極とし、正極は酸素を消費する空気電池を作製した。その結果、EDTA4Na を用いることでマグネシウム空気電池の電圧を維持できた。

負極:$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$
正極:$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

2　研究目的

マグネシウム空気電池は電圧が比較的高く、使用時に水を入れるため使用前は軽量で持ち運びやすい特性を有している。しかし、マグネシウム空気電池の使用時に生成される水酸化マグネシウムが水に溶けず、反応を妨げ、電圧の低下を引き起こす。そこで私たちはキレート剤を添加することで電池の電圧の維持を目指した。

3　研究方法

全ての実験で電解液として炭酸塩 pH 標準液($Na_2CO_3/NaHCO_3$, pH10)陰極はマグネシウム板、陽極は粉末の活性炭を不織布に入れたものを使用する。マグネシウム板を濾紙で包み、その上から活性炭が入った不織布で包みマグネシウム空気電池を作製した。ビーカーに作成した電池と緩衝液とキレート剤を加えた。

4　結果

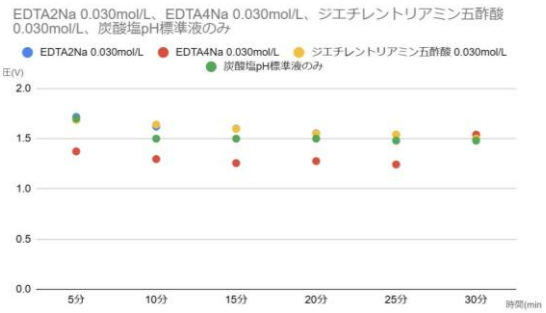


図１

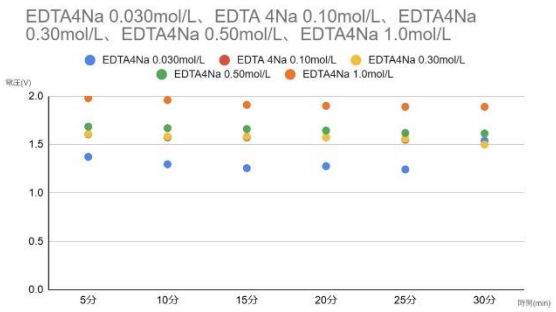


図２

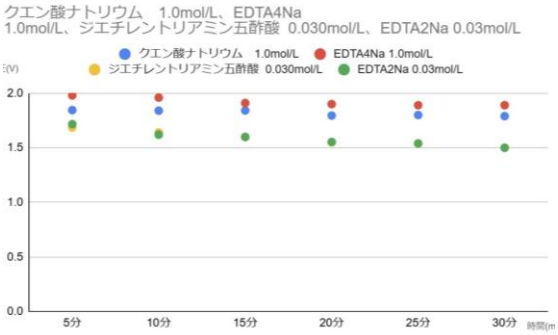


図３

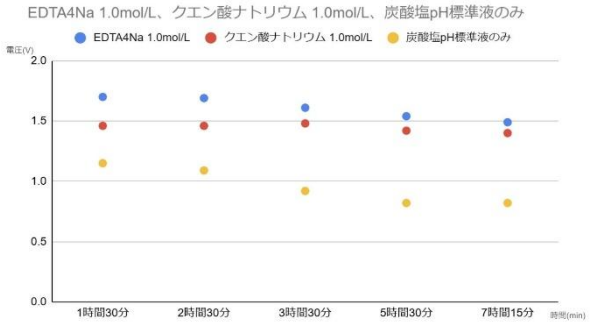


図４

【実験 1】電解液 20mL にキレート剤を 0.030mol/L 添加した場合の電圧・電流を 5 分ごとに 30 分間計測した。
用いたキレート剤：EDTA2Na,EDTA4Na,クエン酸ナトリウム,ジエチレントリアミン五酢酸

【実験 2】電解液 20mL に EDTA4Na の濃度を変えて添加した場合の電圧・電流を 5 分ごとに 30 分間計測した。
【実験 3】電解液 20mL に各キレート剤を添加した時、最も電圧の低下を抑えることのできた条件での電圧・電流を 5 分ごとに 30 分間計測した。
【実験 4】電解液 20mL に EDTA4Na 1.0mol/L クエン酸 Na 1.0mol/L を添加した時と電解液のみの場合での電圧・電流を約 7 時間計測した。

仮説
・実験 1 では緩衝液のみだとすぐに電圧が低下するがキレート剤を添加することでより電圧を維持できる。
・実験 2 では EDTA4Na の濃度が高いほど電圧をより維持することができる。
・実験 3 ではそれぞれのキレート剤で最も電圧を維持できた条件で比べると EDTA4Na が一番電圧を維持できる。
・実験 4 では長時間でも EDTA4Na がクエン酸 Na よりも高電圧を維持できる。

結果
【実験 1】・EDTA4Na を添加したときの電圧が一番低かった
【実験 2】・EDTA4Na 1.0mol/L を添加した時の電圧が一番高かった
【実験 3】・EDTA4Na を添加した時の電圧が一番高かった
【実験 4】・EDTA4Na を添加した時の電圧が一番高かった

考察
【実験 1】 図 1.炭酸塩 pH 標準液 20mL にキレート剤を 0.030mol/L 添加した時の電圧と時間の関係
・EDTA4Na 以外は実験 1 よりも電圧を高く維持できた。EDTA4Na は濃度が薄いと電圧を維持できないと考えられる。

【実験 2】図 2.炭酸塩 pH 標準液 20mL に EDTA4Na の濃度を変えて添加した時の電圧と電流の関係
・EDTA4Na は濃度を濃くすることで電圧の低下も抑制できると考えられる。

【実験 3】図 3.電解液 20mL に各キレート剤を添加した時、最も電圧の低下を抑えることのできた条件での電圧・電流の関係
・それぞれの時間で EDTA4Na が最も電圧を高くできたので、今回試したキレートの中ではマグネシウム空気電池では EDTA4Na が最も良いと考えられる。

【実験 4】図 4.電解液 20mL に EDTA4Na 1.0mol/L クエン酸 Na 1.0mol/L を添加した時と電解液のみの場合での電圧・電流を約 7 時間計測した時の電圧と時間の関係

・クエン酸 Na、EDTA4Na を添加した方がキレート剤を添加しなかった時より電圧の低下を防げた。また、EDTA4Na の方がクエン酸 Na よりも電圧を維持できた。以上のことから、長時間であっても EDTA4Na が最も良いと考えられる。

5　結論と展望

今回の研究では、EDTA4Na を用いる事で、先行研究で最も電圧の低下を抑制できたクエン酸 Na よりも電圧を維持できた。災害時の使用のために数日にわたって高電圧を維持しながら使用できるようにキレート剤を変えたり、溶液を変えたりして実験し、改良したい。

6　参考文献

・谷崎信也.マグネシウム空気電池の高電圧化と長寿命化(2023-01-25).愛媛県立西条高等学校
・キレート剤（金属イオン封鎖剤）の解説と成分一覧 .化粧品成分オンライン https://cosmetic-ingredients.org/chelator/
・キレート試薬.同仁化学研究所.https://www.dojindo.co.jp/technical/catalog/14.pdf
・佐藤義久(2015).金属空気電池の実用化に関する研究.大同大学紀要.第 50 巻. P,115-11

牛乳を用いたプラスチックの生成

理数科 3 年（3 名）

Milk contains two types of proteins: casein and whey. In our experiments, we have been exploring ways to utilize the whey protein in milk, starting with the Ramsden phenomenon, a phenomenon involving whey protein, and ultimately leading to the supernatant that remains when casein plastic, a biodegradable plastic, is produced. As a result, we were able to obtain solids derived from whey protein by heating, concentrating, and drying the supernatant. As the future challenges, investigate the properties of the solids in detail and explore the possibility of utilizing them as plastic.

1　要旨

牛乳にはカゼインとホエーという２種類のタンパク質が含まれている。その内のホエータンパク質について、生分解性プラスチックとしての活用方法を確立させるため本研究を行った。初めにホエータンパク質が関わるラムスデン現象に着目し、その後、生分解性を持つカゼインプラスチックを生成するときに残る、ホエータンパク質を含む上澄みに着眼点を移して研究を行った。その結果、上澄みを加熱濃縮して乾燥させることによってホエータンパク質由来の固形物を得ることができた。今後の課題としてはその性質を詳しく調べ、実際にプラスチックとして活用できるよう模索していくことが挙げられる。

2　研究目的

牛乳に含まれるホエータンパク質の有効活用を目指す。牛乳を熱することで生じる膜（ラムスデン現象という）やカゼインプラスチック生成後の上澄み、ヨーグルトの上澄みにはホエータンパク質が含まれている。それらを用いてプラスチックを生成するため実験を行った。先行研究では、プロテインなどに利用されているホエータンパク質の粉末からプラスチックを生成している。そのため本実験では異なる方法で、ホエータンパク質からプラスチックを作ることを目指す。また、カゼインプラスチックと比較しながらホエープラスチックの性質を探る。（ⅰ）

3　研究方法

【実験①】牛乳の膜を用いた実験

～pH について～

〔目的〕牛乳の pH を変化させ、膜の生成量を増加させる。

〔方法〕成分無調整の農協牛乳（以下同じ牛乳を用いる）50mL にホエータンパク質の主成分 β -ラクトグロブリンの等電点である pH5.2 に調整した緩衝液を加える。その後、70℃℃のウォーターバスで 30 分加熱する〈**写真 1**〉。膜を適宜取り出して型につめ、乾燥させてプラスチックを生成する。

〔仮説〕等電点に近づけた牛乳の溶液中で沈殿が起き膜の量が増加する。　（ⅱ、ⅲ）

写真1-ウォーターバスでの加熱

【実験②】牛乳の膜を用いた実験　～金属イオンについて～

〔目的〕金属イオンが膜生成にどのような影響を与えるか調べることで膜生成を促進する金属イオンを見つけ、プラスチック生成時の効率を上げる。

〔方法〕牛乳 20mL にそれぞれ $CaCl_2$、$ZnCl_2$、$MgCl_2$ を 1.14×10^{-3}mol ずつ（この値はカゼインプラスチックを生成する際加える酢酸の物質量に揃えた）加える。〈**写真 2**〉その後 70℃のウォーターバスで 30 分間加熱する。膜を適宜型へ取り出し、重ねて乾燥させる。乾燥後、カゼインプラスチックと比較する。

〔仮説〕$CaCl_2$ では、牛乳にも含まれる Ca^{2+}が電離するため３つの

写真2-添加物
（$MgCl_2$、$ZnCl_2$、$CaCl_2$）

中で最も膜の生成量が増えると考えた。$MgCl_2$ はにがりの主成分であるため牛乳にも凝集効果を与えるのではないかと考えた。$ZnCl_2$ では、ホエータンパク質の成分の α-ラクトアルブミンが Zn^{2+} と 結合する性質があるため膜の量は増加すると考えた。

【実験③】牛乳の上澄みへのアプローチ
〔目的〕カゼインプラスチック生成後の上澄み溶液におけるホエータンパク質の濃度を上げて、熱変性による凝集を目指す。
〔方法〕ロータリーエバポレーター〈**写真 3**〉で 80℃、1 時間程度 80℃牛乳の上澄みを濃縮する。濃縮した溶液を 10mL ずつに分け、それぞれ pH5 と pH8 に調製し、85℃のウォーターバスで 85℃、30 分加熱する。加熱後、沈殿が生じた場合は、沈殿をガーゼで濾過し乾燥させる。
〔仮説〕pH5 に調製した溶液では、カゼインプラスチックが酸によって凝固するように、何らかの反応が起こり、沈殿が生じる。(iv)

写真3-ロータリーエバポレーター

【実験④】ヨーグルトの上澄みへのアプローチ
実験③で用いた牛乳の上澄みには酢酸が含まれていること、カゼインプラスチックの生成の際にカゼインと共にホエーが固まり上澄みにホエーがあまり含まれていない可能性を考えた。そこで水切りヨーグルトを作る際に残る上澄みを用いて実験を行った。
〔目的〕溶液におけるホエータンパク質の濃度を上げて、熱変性による凝集を目指す。
〔方法〕ロータリーエバポレーター〈**写真 3**〉で 80℃、1 時間程度 80℃でヨーグルトの上澄みを濃縮する。濃縮した溶液を 10mL ずつに分け、それぞれ pH5 と pH8 に調製し、85℃のウォーターバスで 85℃、30 分加熱する。加熱後、沈殿が生じた場合は、沈殿をガーゼで濾過し乾燥させる。
〔仮説〕牛乳の上澄みと同様に pH5 に調製した溶液で沈殿が生じる。(iv)

4　結果
〔結果①〕
膜の生成量・速さに変化はなかった。タンパク質の熱変性によって起こる膜生成と pH を一定に保つ働きがある緩衝作用には関係性はなく、膜への影響はなかった。
〔結果②〕**表 1**
Mg^{2+}を加えた牛乳は膜生成を促進した。Zn^{2+}、Ca^{2+}を加えた牛乳は牛乳内のカゼインが凝集した。
生成された膜を用いてプラスチックのようなものを生成することはできたが効率が悪いことから、別の方法を模索し実験③を行った。

表1-加熱時間と膜生成

加熱時間(分)	$MgCl_2$	$ZnCl_2$	$CaCl_2$	なし
1	×	×	×	×
6	○	×	×	×
7	○	△	×	△
8	○	△	×	△
9	○	△	×	△
10	○	△	×	△
11	○	△	×	△
12	○	△	×	△
13	○	△	×	△
14	○	△	×	○
15	○	△	×	○
16	○	△	×	○
30	○	△	×	○

〔結果③〕
pH5 の方が pH8 より粘度は高くなり、表面に透明な膜を張っていた。
〈**写真 4**〉pH8 の方は白く濁り、pH5 同様に粘度は高まっていた。
どちらの溶液も粘度は高まったが濾過することは出来ず乾燥できなかった。

〔結果④〕
pH5、pH8 に調製した濃縮液ともに粘度が高まった。特に pH5 に調整した方は粘度が高くガーゼで濾過することができた。乾燥させると固まったが水分量が多くひび割れてしまった。〈**写真　5**〉
pH8 に調整したものではとても薄い膜ができたが濾過では残らず乾燥出来なかった。

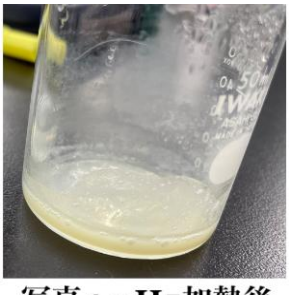


写真4-pH5加熱後

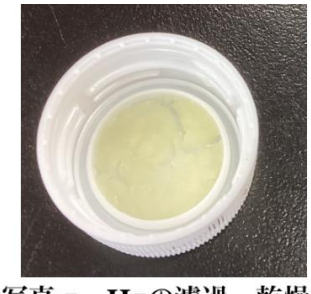


写真 5-pH5の濾過、乾燥後

5　考察

実験②より、最も多く膜が生成されると仮説を立てた Ca^{2+}では溶液全体が固まったことから、Ca^{2+}はホエータンパク質よりも主成分のカゼインと集まりやすく溶液中の全体的な結合が生まれたのではないかと考えられる。Zn^{2+}については、α-ラクトアルブミンとの結合よりも重金属と凝集しやすい性質を持つカゼインとの凝集が強く起こったと考えられる。膜は十分量得ることは出来なかったが、Zn^{2+}は Ca^{2+}よりも生成物の結合が緩かったため、カゼインのみではなく一部 α-ラクトアルブミンとも結合したのではないかと考えた。今回、そこの正誤や具体的な比率については追求していない。Mg^{2+}では一番膜の生成量が多かったことから、豆乳を固めるにがりは牛乳においても凝集効果があると言える。　豆乳ではにがりを加えると溶液全体が固まるが、牛乳では膜の生成量が促進された。

実験③④よりホエーを固めるためにはタンパク質濃度が重要であると考える。また、pH5 に調整すると粘性のある物質が得られることがわかった。また、pH5 に調整すると粘性のある物質が得られることがわかった。

実験①～④の結果より、ホエータンパク質からプラスチックを生成するには大きな労力と手間が必要である。そのため、実験の回数を増やし精度を高めていき、必要ない手順を省くことによってより効率良くホエープラスチックを生成できると考える。

6　結論

本実験ではホエータンパク質から固形物を生成することに時間がかかり、生成した固形物の性質を調べる実験を行うことができなかった。そのため、カゼインプラスチックと似た固形物の生成に成功したが、プラスチックと断定することはできない。今回は比較対象としてカゼインプラスチックを用いたが、プラスチックだと判断する評価基準が主観的であり内部の構造まで考慮できていなかった。今後の課題は、生成したプラスチックの性質（生分解性など）を調べ、カゼインプラスチックや既存のホエーパウダーから作られるものと比較することにより今回生成したものがプラスチックかどうか確かめることである。

7　参考文献

ⅰ、第 108 回高校生と語ろう.“ミルクの未来”.一般社団法人日本乳業協会.
https://www.nyukyou.jp/effort/council/20230426_2.html

ⅱ、平成 29 年度七尾高校理数科課題研究論文「ラムスデン現象における膜の発生条件」
https://cms1.ishikawa-c.ed.jp/nanaoh/cabinets/cabinet_files/download/158/4101e80e1399df7dac280d3dc52ed7d6?frame_id=202

ⅲ、加藤良一ほか . タンパク質の変性の教材開発 . 2018, vol.17, no.1
https://yamagata.repo.nii.ac.jp/record/4265/files/kyoued-17-1-045to055.pdf

ⅳ、清澤 功.ホエータンパク質濃縮物とその機能性に関する最近の研究動向.
https://doi.org/10.11465/milk.51.137

地域に着目した針葉樹の精油抽出と香りの評価

理数科 3 年（3 名）

We wanted to determine the characteristics of the essential oils and aromatic distilled waters of local conifers, so we conducted these experiments by using 5 species of conifers. As a result, it was inferred that essential oils and aromatic distilled waters can be collected by our smaller sized distillation method and differences in fragrance among those species can be recognized numerically by our evaluation process.

１　要旨

地域の針葉樹の精油と芳香蒸留水の特性を明らかにしたいと考え、5 種の針葉樹を用いて実験を行った。その結果、より小規模の蒸留方法で芳香蒸留水を得られること、また、評価プロセスにより樹種間の香りの違いを数値的に認識できることが推察された。

２　研究目的

精油（あるいはエッセンシャルオイル）は植物から抽出される有機物で、各植物で特有の香りを持ち、近年アロマテラピーで注目を浴びつつある。私達は新潟県上中越地域の林地残材・剪定枝葉等の活用法として精油を見出したが、小規模（家庭レベル）での抽出方法や抽出される量、香りの特性について情報が広まっていない針葉樹種が多いことに気づいた。そこで地域で入手される針葉樹を用いて精油の抽出及び生成物の評価を行った。

３　予備実験-１

〈目的〉

先行研究を再現し抽出できる精油の量を確認する。

〈実験器具〉

・枝付きフラスコ　　・リービッヒ冷却管

〈試料〉

・スギ（*Cryptomeria japonica*）

〈実験手順〉

枝付きフラスコ内にスギの葉 20g と水 200g を入れ加熱し、リービッヒ冷却管で冷却後出てきた液体を捕集する。

〈結果と考察〉

先行実験同様に得られる精油の量は原料に対し重量比で概ね 1%と推定され、非常に小さくなることが確認できた。このため、ガラス製実験器具より容量が大きい金属製品を用いた、繰り返し利用できる装置を用いることが必要だと考えた。

４　予備実験-２

〈実験目的〉

水蒸気蒸留法で抽出された芳香蒸留水から再蒸留と有機溶媒抽出により精油分を分離できるか確認する。

〈実験器具〉

・ロータリーエバポレーター　　・分液漏斗

〈試料〉

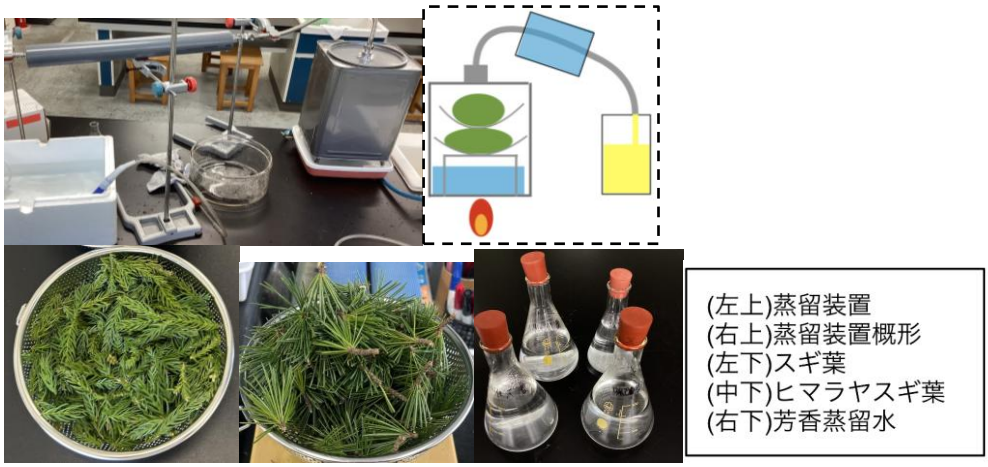
・ニオイヒバの枝を用いた芳香蒸留水 500ml　　・ヘキサン 25ml

〈実験手順〉

芳香蒸留水をロータリーエバポレーターに入れ、約 0.30 気圧・85℃で約 4 時間蒸留する。蒸留した液体と残った液体それぞれからヘキサンで無極性物質を抽出する。

〈結果と考察〉
500ml 中 42g が蒸発残留物で、そこから分離は出来なかった。蒸発物からは 9.4g 分離できた。先行研究同様、芳香蒸留水からの精油分の分離が可能だと確認された。

5　実験
〈実験器具〉
・スチール缶（18 リットル広口）　・水道用金属ジョイント　・水道用金属フレキパイプ
・塩化ビニルパイプ　・アクリル板　・風呂水循環用ポンプ
〈試料〉
・スギ（*Cryptomeria japonica*）　・ヒマラヤスギ（*Cedrus deodara*）
・オウシュウトウヒ（*Picea abies*）　・アカマツ（*Pinus densiflora*）
・ニオイヒバ（*Thuja occidentalis* ）
〈装置〉
・スチール缶の蓋に水道用フレキパイプを接続させて、この缶を蒸留容器とする。
・塩化ビニルパイプ（約 50cm）の両端に、三四分円形アクリル板に円形の穴を開けたものを接着させ、内部にフレキパイプを通して冷却器とする。
〈実験手順〉
蒸留容器に水約 3.5L と試料約 250g を入れて加熱し、水が沸騰した後約 30 分間加熱する。気体を冷却器で凝縮し、出てきた液体（芳香蒸留水）を捕集する。


(左上)蒸留装置
(右上)蒸留装置概形
(左下)スギ葉
(中下)ヒマラヤスギ葉
(右下)芳香蒸留水

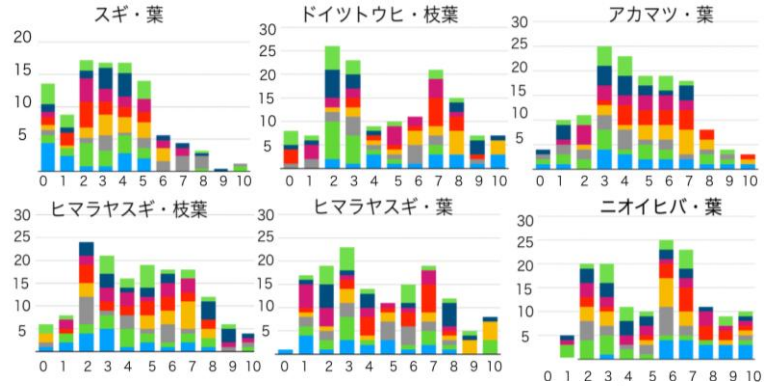
6　評価
〈目的〉
各樹種の芳香蒸留水の香りを市販の精油の香りと比較し、香りの特性を調べる。
〈手順〉
市販のスギ精油を標準値 5 点とし、8 観点・0〜10 点で生徒 20 人による官能評価を行い、結果が正規分布に従うとみなして有意水準 80%で母平均を推定し比較する。評価観点は以下の通り。

■ ①甘さ ■ ②苦さ ■ ③酸味 ■ ④軽さ ■ ⑤柔らかさ ■ ⑥広がり ■ ⑦刺激 ■ ⑧濃厚感

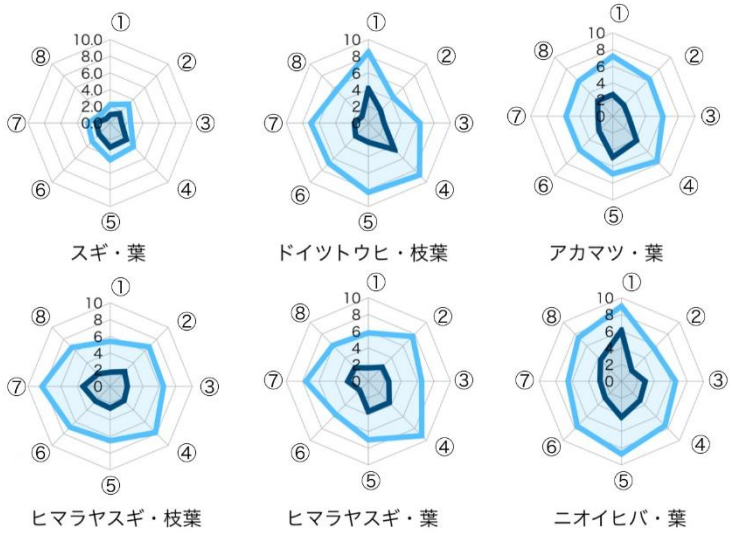
〈予想〉
スギ葉：比較的強い香り
ドイツトウヒ枝葉：比較的柔らかい香り
ヒマラヤスギ葉/枝葉：最も強い香り、酸味が強い
アカマツ葉：比較的えぐみがあり、酸味が強い
ニオイヒバ葉：比較的強い香り、柔らかさ

〈結果〉

母平均の推定値	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
スギ葉	1.0～2.2	1.6～3.2	1.4～2.5	2.8～4.0	2.9～4.4	1.9～3.1	1.7～2.7	0.7～1.5
ドイツトウヒ枝葉	4.1～8.5	2.1～4.3	1.9～6.3	4.5～8.8	2.3～8.3	2.2～6.8	1.7～7.0	1.1～5.5
アカマツ葉	2.6～7.2	1.9～6.3	1.9～6.1	4.1～7.6	4.9～6.9	2.4～5.7	1.8～5.7	2.6～5.9
ヒマラヤスギ枝葉	1.7～5.4	2.5～6.7	2.1～6.5	2.4～7.8	2.6～6.5	2.5～6.9	3.3～8.3	2.1～6.6
ヒマラヤスギ葉	1.6～5.8	2.4～7.6	2.5～6.5	3.6～9.2	3.6～7.0	1.5～5.6	2.5～7.6	2.3～6.1
ニオイヒバ葉	6.1～9.0	1.8～5.6	2.9～6.6	3.2～7.5	4.3～8.7	2.8～7.6	2.8～6.5	3.6～7.4



グラフ下から①～⑧。
横軸は点数、縦軸は人数。



母平均の信頼区間。
下限が濃青、上限が淡青。

スギ葉：軽さ・柔らかさがあり、全体的に点数が低く、香りの印象が弱い。
ヒマラヤスギ葉：苦さ・刺激が感じられる一方、軽さ・柔らかさも感じられるため、感じ方の個人差が大きい。
ヒマラヤスギ枝葉：軽さや広がりがあり、葉だけよりも全体的に香りの印象が弱い。

ドイツトウヒの枝葉：甘さや軽さ、柔らかさがあり全体的に香りの印象が強い。
アカマツ葉：軽く、全体的に香りの印象が弱い。感じ方の差が出にくい。
ニオイヒバ葉：甘さが非常に強く、柔らかさや広がり、濃厚感がある。

７　考察
・市販品を用いて、小規模（家庭レベル）で芳香蒸留水の抽出ができると確認された。
・評価プロセスにおいて、芳香蒸留水の香りの特性という主観的な観点を樹種間で数値的に区別できると推察された。
・しかし、評価者の人数が本研究では少なく有意水準も非常に緩いため、今後評価者を増やし有意水準を厳しく（95%以上）設定することが必要と考えられる。
・また、評価プロセスの設定過程において母平均の傾向が類似し、再現性がある可能性が推察されたが、同一の芳香蒸留水を複数回評価し再現性を確認することが必要と考えられる。

８　今後の展望
　林地残材・剪定枝葉の活用法として現在新潟県内では、バイオマス発電所といったマクロな計画が行われ、他方で地域振興として芳香蒸留水をふるさと納税の返礼品にするといったミクロな取り組みも始まっている。
　本研究から、針葉樹の芳香蒸留水の抽出が家庭レベルで可能なこと及び樹種間での芳香蒸留水の香りの特性を一連の評価プロセスで数値的に認識できることが推察されるため、今後新潟県上中越地域に限らず林地残材・剪定枝葉の活用法として、家庭レベルでの芳香蒸留水の抽出とその香りの差異を用いた価値付けが広く行われることを切に期待する。

９　参考文献
原田盛重「森林植物油に關する本邦文獻解説」１９３９
加藤健一「長野県林業総合センター技術情報第１６８号」より「林地残材を活用した地域でできる精油生産」２０２３
谷田貝光克「樹木抽出成分関連研究組合の活動」１９９６

ナメコの抗菌性

理数科 3 年（3 名）

We hypothesized that nameko mushrooms' mucus might have antibacterial properties, and conducted experiments on putrefaction and decomposition/fermentation with lactic acid bacteria to evaluate their properties. As a result, we came to the conclusion that nameko mushrooms' mucus does have antibacterial properties.

1　要旨

動植物が分泌する粘質物の中でも、ナメコの粘質物には抗菌性があると仮説を立て、腐敗の進行や細　菌(乳酸菌)の発酵などからその性質を評価した。その結果、ナメコの粘質物には抗菌性があるといえる 結果を得ることができた。

2　研究目的

動植物の分泌する粘質物には、さまざまな効果や役割が知られている。しかし、ナメコの粘質物については知られていないことも多い。先行研究では、ナメコの粘質物には難発酵性の糖やアミノ酸が複数含まれることが示されている。そこで、ナメコの粘質物には腐敗や発酵への耐性の役割があると仮説を立て、具体的な効果や役割を明らかにし、その効果を食品衛生に活かすことを目指し、本研究を行った。

3　ナメコの粘質物について

ナメコの粘質物とは、主にナメコのカサから分泌される、粘度をもった液体のことであり、高等植物細胞壁成分と似た成分を持つものである。数種の多糖類からなる複合物であり、それが水分を含み、ゲル化膨潤し、遊離アミノ酸および糖類が吸含されているものである。

4　実験内容

【予備実験】ナメコの腐敗と粘質物の抽出方法

〔目的〕ナメコの腐敗の確認と、粘質物の抽出方法を模索する。

〔方法〕40℃に設定した低温インキュベーターにて、市販のナメコを１週間放置し、腐敗を確認する。また粘質物の抽出方法として、アルコール抽出、熱水抽出、ナメコに常温の水を加え十分撹拌する、という３つの方法を試した。

〔結果〕１週間で、ナメコの腐敗が確認された。また粘質物の抽出方法は、抽出の効率の良さや先行研 究を参考にし、常温の水で撹拌する方法が最も適していることがわかった。

【実験１】

〔目的〕ナメコの粘質物の腐敗への耐性を確認する。

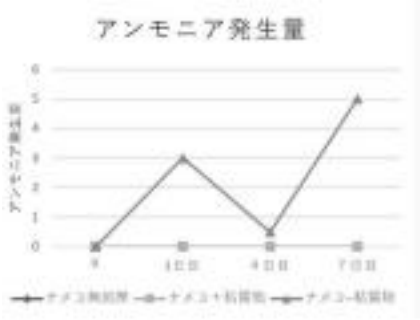
〔方法〕複数の種類のキノコを用意し、それらをそれぞれ、通常のもの、ナメコの粘質物を１mL 付着させたもの、ナメコにおいては粘質物を減らしたものを作り、それらをシャーレに入れ、40℃の低温インキュベーターにて腐敗させ、定期的に、色(外観)、匂い、アンモニアの発生量の３つの方法で腐敗を評価する。粘質物は、予備実験のように通常の水を撹拌する方法で抽出した。(写真１参照)

〔仮説〕ナメコの粘質物が多いほど腐敗の速度は下がる。カビによる変形も少ない。

〔結果〕ナメコの粘質物を付着させたものは、おおよそアンモニアの発生量が減少していた。シイタケはアンモニアの発生量に顕著な違いが見られた。(表１参照)

〔考察〕ナメコの粘質物には腐敗への耐性があり、アンモニアの発生、つまりタンパク質の腐敗を大幅に抑制したと考えられる。またナメコには他の２種類のキノコにはない、腐敗への耐性のメカニズムがある。シイタケのアンモニア発生量が多くなった理由は、シイタケには細菌の増殖を抑制するアミノ酸であるグリシンが、他の２種類のキノコよりも含まれている量が少なかったため、このように明らかに違いが生じたと考えられる。匂い、見た目では細かい評価をすることが難しかった。

表１〈アンモニア発生量〉(mL)



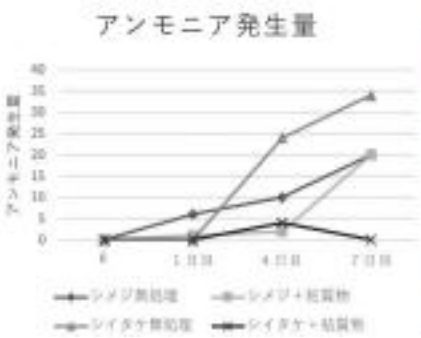


写真１ ナメコの腐敗確認

【実験２】

〔目的〕ナメコの粘質物が細菌の増殖を抑えることに対する詳しい評価のため、乳酸菌の増殖に対する効果を調査する。また、ナメコの粘質物に含まれる静菌作用をもつアミノ酸であるグリシンとの効果を比較する。

〔方法〕LB 寒天培地に、500 倍希釈をしたヨーグルト、10%グルコースをコンラージ棒を用いて塗る。(以下、これを寒天培地と呼ぶ)
寒天培地に、ナメコの粘質物を塗布したもの、グリシンを塗布したもの、何も塗布していないものをそれぞれ３セットずつ作り、それらを 1 週間、40℃の低温インキュベーターにて培養した。１日おきにそれぞれの LB 寒天培地に生じたコロニー数を１辺４cm の正方形の枠内で計測する。
(写真２参照)

〔仮説〕ナメコの粘質物には、グリシンよりも細菌の増殖を抑制する効果がある。

〔結果〕(表２参照)

〔考察〕仮説の通り、ナメコの粘質物には、細菌の増殖を抑制するはたらきがあると考えられる。しかし、グリシンとの差があまり見られないのは、実験回数や、滅菌の方法に問題がある可能性がある。

表２〈コロニー数〉(個)

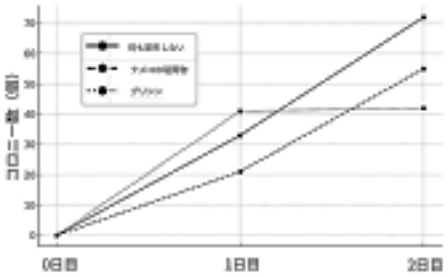


写真２ 乳酸菌コロニー(４cm 正方形枠内)

5　結論

実験より、ナメコの粘質物にはタンパク質の腐敗を防ぎ、糖の発酵を抑える性質があると考えられる。今後の研究では、ナメコの粘質物が腐敗耐性の性質を最大限に発揮することができる条件や、腐敗耐性を生み出す原因について調査したい。また、より信憑性の高いデータを得るために、実験回数の増加や、精度の向上に取り組みたい。

6　参考文献

ナメコの粘質物に関する研究(第１報)（石沢 清 1966）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsnfs1949/19/5/19_5_365/_pdf/-char/ja
担子菌（きのこ類）の交配，子実体形成にかかわるシグナルと受容体（鎌 田 堯 2004）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics/29/3/29_29.272/_pdf
ナメコ粘質物に関する研究（槇 光章 1966）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhej1951/18/5/18_5_307/_pdf
ナメコ粘質物中の多糖構造に関する研究（田中 昭子、 田辺 信子 1973）
https://soai.repo.nii.ac.jp/record/518/files/AN00133544_19731200_1061.pdf

岩石で再エネ発電の電力ロスを無くしたい！
～蓄熱材に最適な岩石の考察～

Reducing Power Loss in Renewable Energy Generation
Using Rock-Based Thermal Storage Materials
- A Study on the Optimal Rock Type

理数科３年（３名）

１　序論

環境問題への意識の高まりを受け、再生可能エネルギーを利用した発電方法(以下　再エネ発電)が注目されて久しく、全国的に普及が進んでいる。しかし、再エネ発電はその不安定性が大きな課題である。例えば太陽光発電では、電力需要が低い昼間は多く発電できるのに対し、電力需要が高い夜間は発電できない。現在、需要を超えて作られた電力は捨てられていたり、発電自体を抑制する出力制御を行っている発電所があり、再エネ発電はその能力を発揮しきれていない。

この問題を解決するために、再エネ発電による過剰に発電された電力(余剰電力)を、岩石に熱エネルギーとして蓄え、必要な時に電気エネルギーとして取り出す、という試みを考えた。これは過去に糸魚川の海岸で岩石採集をしていた際、海岸転石が非常に高温であったことにヒントを得て思いついたものである。調べてみると後に既存の技術であることがわかったが、電池に勝る利点もあることから新たな蓄エネルギー技術になりうると考えた。本研究は過去４年に渡り糸魚川の岩石を研究した経験を活かし、様々な岩石ごとの特徴と蓄熱材としての性能の関係性を調べることで、蓄熱材として適した岩石の特徴を考察する、というものである。

２　先行研究

・Siemens-Gamesa 社による実験プラントでは火成岩が使われている。
・東芝エネルギーシステムズ株式会社でも、技術開発が行われている。
・上記 2 社に電子メール(Siemens-Gamesa 社には英語)にて、蓄熱材に使用する岩石名とその理由について２点問い合わせたがいずれも質問の具体的な回答を得られなかった。

３　仮説

①蓄熱材として、岩石の密度が大きいほど適する。
②蓄熱材として、岩石の色は黒に近いほど適する。
③蓄熱材として、岩石の磁性は強いほど適する。

仮説設定の理由

①密度が大きいほど空洞が少なく、蓄熱能力が高いと判断したから。
②黒は紫外線など熱線を吸収する性質があり熱くなりやすいと考えたから。
③過去に糸魚川の岩石の研究をした際、昔糸魚川では蛇紋岩が温石（湯たんぽのようなもの）として使われていたことを学んだ。全国各地で蛇紋岩製温石は出土していて全国的に使われていたようだ。また、磁性の強弱について実験した際、蛇紋岩は強い磁性を示すことを学んだ。以上より、先人たちが経験的に蛇紋岩の優れた蓄熱能力を知っていた可能性を考え、蛇紋岩の大きな特徴である磁性が蓄熱性に影響すると考えたから。

４　実験概要

本研究ではどのような特徴を持つ岩石が蓄熱材に適するか、つまり岩石の特徴が蓄熱能力に及ぼす影響の傾向を調べる。今回は色・密度・磁性の３要素に着目する。本来岩石を加熱したのち一定時間を空けることでエネルギーを蓄えるが、今回の実験では岩石の温度の下がり方は全て一定であるという仮定の元、加熱後時間を空けなかった。

蓄熱能力の測定については、実用化の際は発生した水蒸気でタービンを回し電気エネルギーを

得ることを想定しているが、諸事情によりその方法での測定は難しいと考えたので、熱した岩石に水を滴下し、岩石に蓄えられていた熱エネルギーにより蒸発した水蒸気の量で評価する。

5　実験

5．1　予備実験〈色〉

1、光の当たり方を一定にした上で岩石を撮影する。
2、画像の色を平均化して、その RGB 値を測定する。
3、RGB 値を３次元ベクトルとして考え、黒(0,0,0)からの距離を求める。

5．2　予備実験〈密度〉

1、岩石の空気中の質量を測定する。
2、岩石の水中での質量を測定する。
3、空気中での質量を水中での質量で割る。

5．3　予備実験〈磁性〉

1、軽いネオジム磁石を吊るし、岩石を近づける。
2、その引きつける強さを 3 段階に分類する(反応なし、僅かに反応あり、強く反応あり)。

5．4　本実験

700℃で 25 分間熱した約 400g(±5%の誤差まで許容)の岩石を断熱容器に入れ、水を滴下し、凝縮させた水蒸気の量を測定する。得られた水蒸気量が多い方が、蓄熱材として適すると評価する。(発生した水蒸気量は、岩石蓄熱材が蓄えていたエネルギーの大きさに比例するから)

１．電気炉〈図1〉に約400gの岩石を入れ、炉内温度を15分間で室温から700℃まで上昇させ、その後 10 分間 700℃に保つ。(最初から 700℃にしないのは、急激な温度変化によって岩石が割れるのを防ぐため。)
２．岩石を断熱容器に移し、水を滴下し蒸発させる。
３．発生した水蒸気をリービッヒ冷却器で凝縮させ、得られた水の量を計測する。〈図 2〉

6　結果

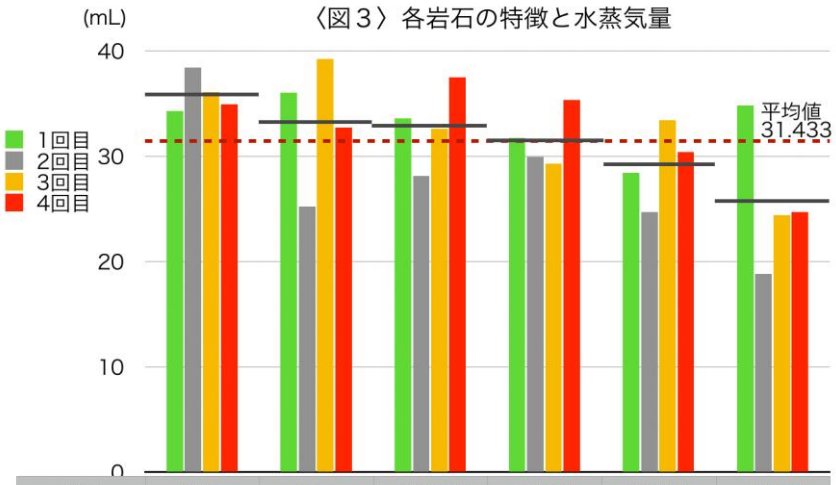
〈図３〉(次ページ)のような結果になった。

・密度の大きい方が水蒸気量は多い傾向があった。
・色が黒に近い方が水蒸気量は多い傾向にあった。
・磁性と水蒸気量の関係性は見られなかった。
・岩石の種類による水蒸気量の差がみられた。

耐性についての結果

・何も変化しなかった岩石……緑色岩
・変色が見られた岩石……泥岩、凝灰岩
・割れが見られた岩石……流紋岩、凝灰岩
・ひびまたは割れが見られた岩石…流紋岩、凝灰岩、玄武岩、泥岩、砂岩

〈図３〉各岩石の特徴と水蒸気量



岩石	泥岩	砂岩	緑色岩	玄武岩	凝灰岩	流紋岩
平均水蒸気量(mL)	35.9	33.3	33.0	31.6	29.2	25.7
種類	堆積岩	堆積岩	変成岩	火成岩	火成岩	火成岩
密度(g/㎤)	2.59③	2.62②	2.93①	2.58④	2.23⑥	2.52⑤
黒さ※	149①	278④	187②	248③	280⑤	384⑥
磁性(3段階)	×	×	×	○	△	×

※RGBの3つの値より導出。値が小さいほど黒く、大きいほど白い。
○の中の数字は順位を表す。

7　考察

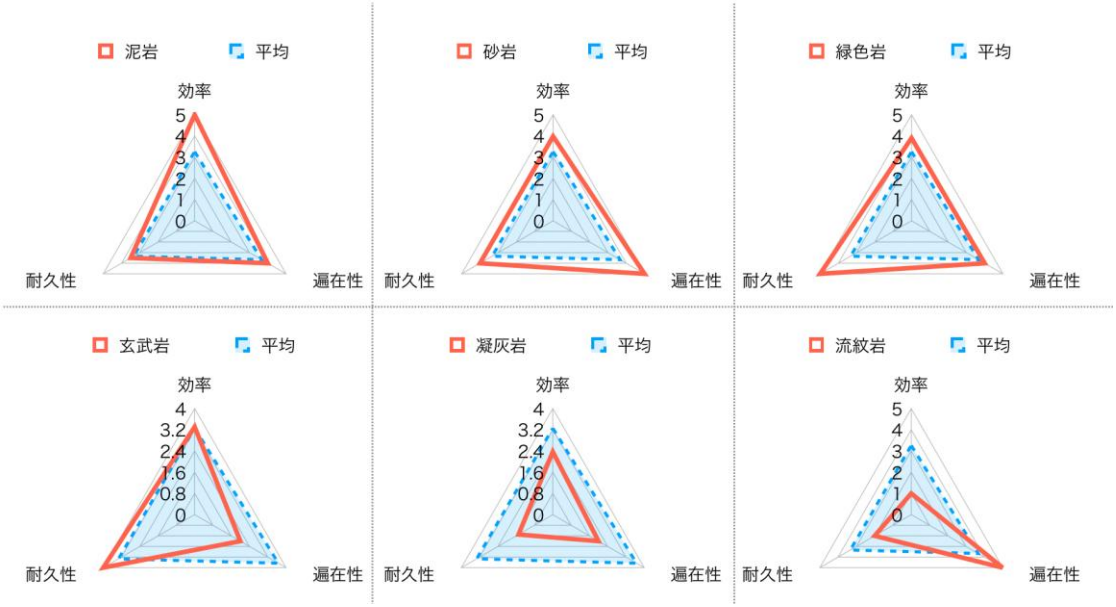
・黒に近い岩石のほうが蓄熱能力は高い傾向があったのは、黒色は他の色より多く熱線を吸収するのでより高エネルギーな状態であったからだと考えられる。

・蓄熱能力の大きさが他の岩石より堆積岩の方が大きかったのは密度の影響が大きかったからだと考えられる。（一般的に堆積岩は密度が大きく、火成岩は密度が小さいから。）

実際に岩石を蓄熱材として利用することを考え、蓄熱能力、遍在性、耐久性の３観点から岩石を評価する。

太陽光発電について主に考えると、太陽光発電は中国、九州地方で適している。両地域の地質分布は写真のようになっている。中国地方では流紋岩（ピンク）、九州地方では砂岩や泥岩（黄、青）が多いことがわかる。蓄熱能力は上の実験に、遍在性はフォッサマグナミュージアム発行のラベルに、耐久性は実験でのひびやわれの程度に基づき評価する。糸魚川地方版は〈図４〉の通り。

〈図４〉糸魚川地方における蓄熱材としての岩石評価



8　改善点と今後の展望

・実験 1 回につき 40 分ほどかかり、多くのデータを集められなかった。信頼性向上のためもっと多くのデータを集める必要がある。

・水道水をそのまま滴下したが、季節により水温が一定ではないことを考慮しなかった。結果に影響するため、0℃にしてから滴下するなどの工夫が必要であった。

・今回は結果に影響しうる観点として色、密度、磁性に着目したが、他にも多くの要素が複雑に関係するため、厳密な対照実験を行えなかった。今回の研究はあくまで全体の傾向を示唆するものである。

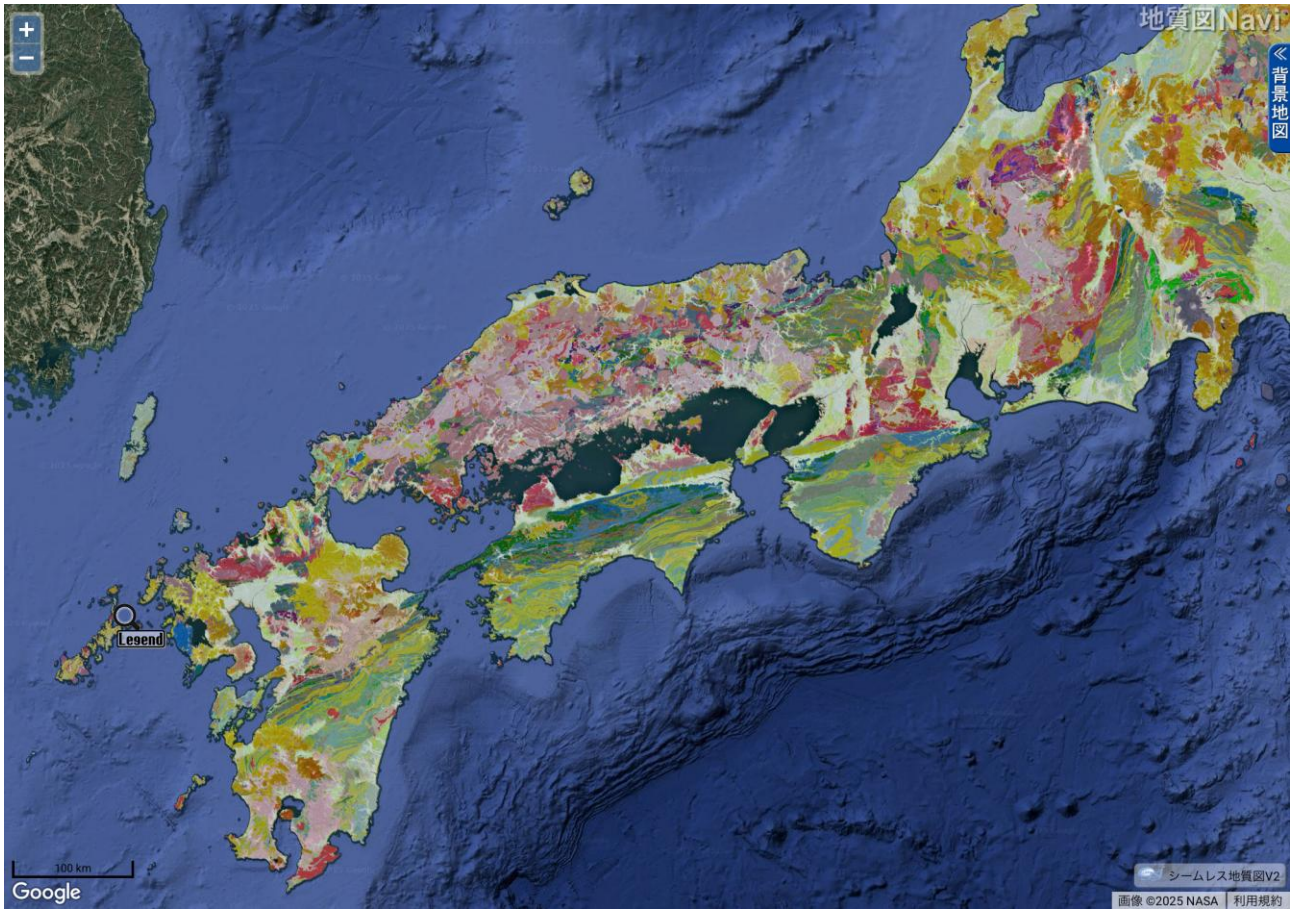
・今回は岩石の温度の下がり方が一定であると仮定しているが、一定ではない可能性もあるため一定期間保温してから実験する。

・今回の実験では、密度、磁性による蓄熱効率の変化の傾向があるとは言い切れない。

・今回の研究における蓄熱材としての岩石評価の遍在性の観点について、糸魚川地方の遍在性で評価を行っているため、全国で応用する際は新たに評価する必要がある。各地の岩石分布は〈図５〉の通り。

・自然の岩石よりも建物の解体から得られる廃コンクリート材の方が入手しやすい可能性がある。コンクリートの蓄熱材としての性能も測定してみたい。

〈図５〉



9　謝辞

今回研究を行うにあたり、SSH コーディネーターの中田様をはじめ、多くの方にご協力いただきました。ありがとうございました。また、この研究を始めるきっかけを与えてくれたフォッサマグナミュージアムの学芸員の方々に謝辞を申し上げます。

10　参考文献

三井物産戦略研究所(2021).脱炭素社会に向けて開発進む蓄熱発電
https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/__icsFiles/afieldfile/2021/03/02/2102m_inada.pdf
東芝エネルギーシステムズ株式会社(2022).岩石蓄熱技術を用いた蓄エネルギーサービス事業に関する技術開発・実証の本格的な開始について
https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2022/11/news-20221121-01.html
資源エネルギー庁.出力制御対策パッケージについて(2023)
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/grid/dl/20231219_shutsuryokuseigyotaisaku.pdf
国立研究開発法人産業技術総合研究/地質調査総合センター.地質図Navi.https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php#9,32.784,130.844

メディカルコース生
研究論文

ドクターヘリの現状と課題

理数科 3 年（1 名）

The Doctor Heli was first introduced in Switzerland in 1952 to rescue mountain victims and transport them to hospitals. Since the 1970s, it has been introduced to emergency medicine in Germany and the United States and is now used in various applications. In Japan, trial operation began in 1999 as a result of the Great Hanshin-Awaji Earthquake in 1995, and official operation began in 2001. However, there are also many challenges for Japanese doctor helicopters. This time, we focused on the problem of "duplicate requests", where the number of dispatches has increased year by year due to the increase in demand, and the response to critically ill patients is no longer available in time.

１　要旨

需要の増大により患者への対応が間に合わなくなっている「重複要請」という問題に着目しより多くの患者へ対応可能な医療体制を考えた。他県との連携やドクターカーの活用を取り上げ考察した。

２　研究目的

ドクターヘリをより重篤な患者に対応させることと多くの要請へ対応することを目的とした医療体制を考えより多くの人を救える医療体制を考察する

３　研究方法

厚生省が挙げているヘリの出動不可要因の割合や先行研究をしらべ現状を正しく認知しその上で有効な解決策を考察する

４　結果・考察

面積の小さい県が隣接する地域ではヘリを他県と連携し合いながら使用することによりある程度の重複要請には対応可能だが、面積の大きい地域では現実的ではないためドクターを普及・活用し病院付近の地域からの要請と僻地からの要請をヘリとドクターカーで分業しながら行なっていくことが重複要請への軽減につながるのではないか。しかし、これらの医療体制が実現しても僻地からの重複要請には対応できない。ヘリ数を増加させることも解決策としてあげられるが医療費の問題も付随するためこれらの問題に長期的に向き合っていく必要があると考えた

５　結論

他県との連携やドクターカーなどを取り上げ、解決策を考察した。病院付近からの重複要請には対応を円滑にすすめることができると期待されるが、遠方からの重複要請には対応が見込まれないと思われる。結果として根本的解決が見込まれる解決策は考察できなかった。ドクターヘリの問題は解決困難なものが多く長期的に向き合い解決していく必要があると考えた。

６　参考文献

https://www.mhlw.go.jp/content/10802000/000360983.pdf（厚生労働省:ドクターヘリの現状について）
https://www.kouiki-kansai.jp/koikirengo/jisijimu/iryo/170.html（関西広域連合の体制）
https://hospital.med.gunma-u.ac.jp/?page_id=11014(ドクターカーの活用例)

救急車の不適切利用

理数科 3 年（1 名）

The role of an ambulance is to transport injured or sick people quickly and safely, such as those who are suddenly ill or injured, to a hospital or another medical facility. As the number of ambulance dispatches increases each year, the time it takes ambulances to arrive at the scene is lengthening. However, the current situation is that among those transported by ambulance, many people with minor illnesses do not require hospitalization but only outpatient care, and few seriously ill patients require long-term hospitalization.

１　要旨

救急車の役割は急病人や怪我人などの傷病者を迅速かつ安全に病院などの医療施設に搬送することである。年々救急車の出動件数が増加するにつれ、救急車が現場に到着するのにかかる時間が長くなっている。しかし、救急搬送された人の中で、入院を必要とせず外来診療のみの軽症者が多く、長期入院を必要とする重症患者は少ない現状がある。

２　研究目的

救急車を必要としている人が、必要な時に救急車を利用できるようにするために、救急車の不適切利用を減らし、現場到着所要時間を減らす。

３　研究方法

インターネットを活用して、論文などの先行研究や様々なデータ、資料を集め、それを分析、考察する。

４　結果・考察

搬送人員は年々増加しており、それに伴って救急車の現場到着所要時間は増加している。令和 5 年の現場到着所要時間は 10.0 分であった。また、搬送人員の内訳は、※1 によると 1.3%が死亡、7.3%が 3 週間以上の入院を必要とする重症、42.9%が中等症、48.5%が入院加療を必要としない軽症であった。現在、軽症者の利用を減らす取り組みとして救急安心センター事業(#7119)がある。また、※2 によると、頻繁に救急車を利用する患者が一定数おり、救急車を頻繁に利用する人の原因として、漠然とした不安感があり、少し体調が悪化した時に病気が再発したのではないかと考えてしまうといったものが考えられる。それに対する解決策として救急隊員が現場で緊急性は無いが在宅医療に繋げるといった取り組みが行われている。他にも、老老介護世帯など自力で通院が困難な人もおり、それに対する解決策として福祉タクシーや介護タクシーがある。

しかし、患者側から利用しなければいけないサービスは認知度が課題となり、また、救急車が呼ばれるよりも前に患者に安心してもらえる取り組みが必要だと考えた。そこで、診察後や退院時の情報提供が効果的だと考えた。このタイミングの情報提供は、患者が自分事として捉え、覚えることができ、さらにこのようなサービスがあると知ることで安心できると考えた。

また、#7119 には、電話相談であるために触診や視診ができず、重症か軽症かの判断が難しいといった課題がある。そこで、live119 というサービスを#7119 で使うことが効果的だと考えた。live119 とは、元々119 番通報中にビデオ通話を行い、音声・映像情報を通報現場と消防指令センター間で迅速かつスムーズに共有することを目的に開発した映像通報システムである。119 番通報中に、より適切な応急措置を行うために使われているが、#7119 で使用するメリットがあると考えた。1 つ目に、スマホの位置情報を取得できるということがある。これにより、現場の位置をより正確に特定でき、現場に早く到着できると考えた。2 つ目に、映像を送ることができるということがある。これにより、視診を行うことができ、重症か軽症かの判断をより正確に行うことができると考えた。

５　結論

様々なサービスを知ってもらい、また、体調が悪くなった時や怪我をした時に焦らず行動でき

るようにするために、診療後や退院時に情報提供をすることが効果的だと考えた。live119 を＃7119 で利用することで、重症か軽症かの判断をより正確に行うことができると考えた。

６　参考文献

消防と福祉部局との連携による 不急的な救急利用対策※2
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsem/23/5/23_674/_pdf
東京消防庁　映像を活用した口頭指導（Live119）
https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/lfe/119/live119.html
消防と福祉部局との連携による 不急的な救急利用対策
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsem/23/5/23_674/_pdf
総務省　報道資料｜「令和５年版 救急・救助の現況」の公表※1
https://www.soumu.go.jp/main_content/000924645.pdf

入浴と睡眠の質の関係

理数科 3 年（1 名）

The relationship between different bathing methods and sleep quality was investigated through experiments. The results showed a correlation between the difference in body temperature immediately after bathing and before bedtime and the quality of sleep.

1　要旨

入浴法の違いと睡眠の質の関係について実験をしながら調査した。その結果、入浴直後と就寝前の体温差と、睡眠の質に相関関係が見られた。

2　研究目的

高田高校生は学校の課題や部活動、塾などに日々追われ十分な睡眠が取れているという人は少ないだろう。自分自身も十分な睡眠が取れず、授業中に眠くなり集中できなくなるという事が多くあった。いくら睡眠が大事だと分かっていても多忙な高田高校生にとって睡眠時間を増やすことは難しい。そこで、睡眠の質を向上させる方法について調査したところ、入浴が睡眠の質に影響することが分かった。また、入浴の仕方の違いによって睡眠の質が変わると自分でも実感しており興味をもったため、入浴と睡眠の質について研究しようと考えた。

3　研究方法

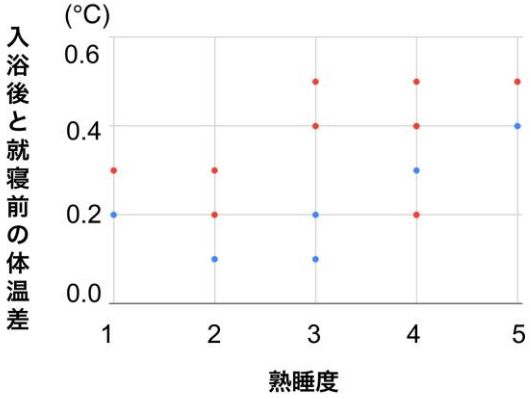
・入浴 5 分後と就寝直前に体温（腋窩温）を測りその体温差を記録し、起床後、熟睡度を 5 段階で評価

熟睡度　悪　1　　2　　3　　4　　5　　良

これを被験者 2 人で 10 日間実施
また、
・就寝前にブルーライトを浴びない
・就寝時刻 11 時、起床時刻 6 時
という条件下で実験を行った。

4　結果

実験は下の図のような結果となり睡眠の質が高い場合、比較的体温差が大きい傾向にあり、逆に睡眠の質が低い場合、比較的体温差が小さい傾向にあった。



5　考察

睡眠の質が高くなる場合、入浴後と就寝前の体温差が大きくなるという仮説を立てていたため、その仮説は正しいと考えられる。

６　結論

今回の実験では仮説が正しいと考えられたが、
・実験データと被験者の数が少ない
・熟睡度の評価方法が主観的
・日によってその他の条件が異なる
といった点で信憑性に欠ける。
今後はこれらの改善点を考慮した上で、より信憑性の高い結果を得られるような実験をしていきたい。

７　参考文献

良い睡眠はお風呂から！入浴で睡眠の質を変えよう-バスクリン
https://www.bathclin.co.jp/health-column/211126_13/

後発医薬品による国民医療費削減

理数科３年（1 名）

Japan's national health care costs are increasing and are among the most serious health care problems. The increase in national health care costs places a heavy burden on the government's finances, making it difficult to maintain the health care system. Therefore, we examined the actual breakdown of national healthcare costs and found that costs could be reduced in terms of drug costs. Among them, we found that the problem can be solved by promoting the use of generic drugs, which are now increasingly being discussed in the media. In order to examine ways to promote the use of generic drugs, we conducted a survey of the current situation.

１　要旨

日本の国民医療費は年々増加しており、国家財政に大きな負担を与える深刻な課題の一つとなっている。特に薬剤費においては、削減の余地が大きく、その中でも後発医薬品（ジェネリック医薬品）の活用が有効な手段として注目されている。後発医薬品の利用を促進することによって、国民医療費の抑制が可能であると考えられる。本研究では、現状の課題を把握し、使用率向上のための具体的な解決策を考察した。

２　研究目的

２０２４年時点で後発医薬品の使用率は８２．７５%であり普及は進んでいるが、これをさらに引き上げ、使用率を１００%に近づけることによって約１兆円の削減が可能であることが分かった。そこで、後発医薬品の使用を妨げている要因を明らかにし、それに対する具体的な対策を考えることで、使用率のさらなる向上を目指す。

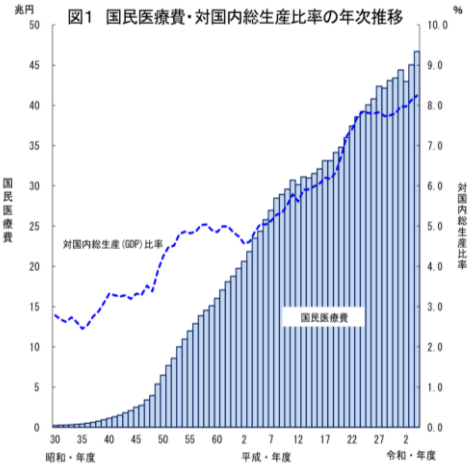
３　研究方法

インターネットや文献を中心に現状を調べ、解決策を考察した。

４　現状把握

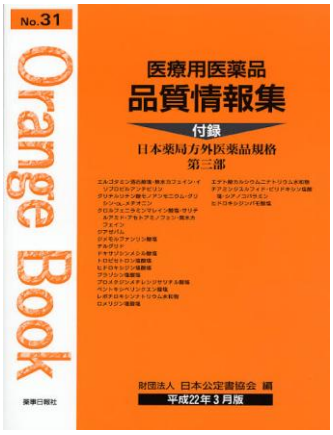
図１より、国民医療費・対国内総生産比率が年々増加していることが分かる。そのことが国の財政に大きな負担を与え、医療システムの維持が困難となる。その解決策として後発医薬品の利用促進が挙げられる。その理由としては、すでに後発医薬品のある先発医薬品の薬剤費は２０２１年時点で年１．９兆円ほどであり、後発医薬品の価格を半分以下と仮定した場合、後発医薬品に全て置き換われば１兆円程度圧縮する余地があった。そのため、後発医薬品の利用促進の観点から調べた。

後発医薬品を使用しない理由について調べたところ、「後発医薬品の効き目や副作用に不安があるから」、「報道などで品質・効果に関していい情報を聞かないから」「薬を決めるのは医者だから」などが挙げられた。



５　解決策

「後発医薬品の効き目や副作用に不安があるから」、「報道などで品質・効果に関していい情報を聞かないから」という意見に対しては適切な情報提供を行うことで対応できると考えた。具体的には「政府公報で情報を発信する」、「医療機関にオレンジブック（医療用医薬品品質情報集）を置く」というものだ。政府公報で発信する情報は、人々に安心感を与えるために後発医薬品の製造過程などについて良いと考えた。オレンジブックを置くことが良いと考えた理由は薬を処方する際に試験結果などを提示し、安心して後発医薬品を使用してもらうことができると考えたためである。



オレンジブック

「薬を決めるのは医者だから」という意見については、実際には患者さんが自分で先発医薬品か後発医薬品かを決めることができるため、そのことを周知していくこと、また薬剤師が患者さんに先発医薬品または後発医薬品のどちらを選択するか質問することを義務化することによって対応できると考えた。その理由として、図２より、先発医薬品から後発医薬品へ変更したきっかけの割合が医師からの説明に比べ、薬剤師からの説明の方が大きいことが挙げられる。

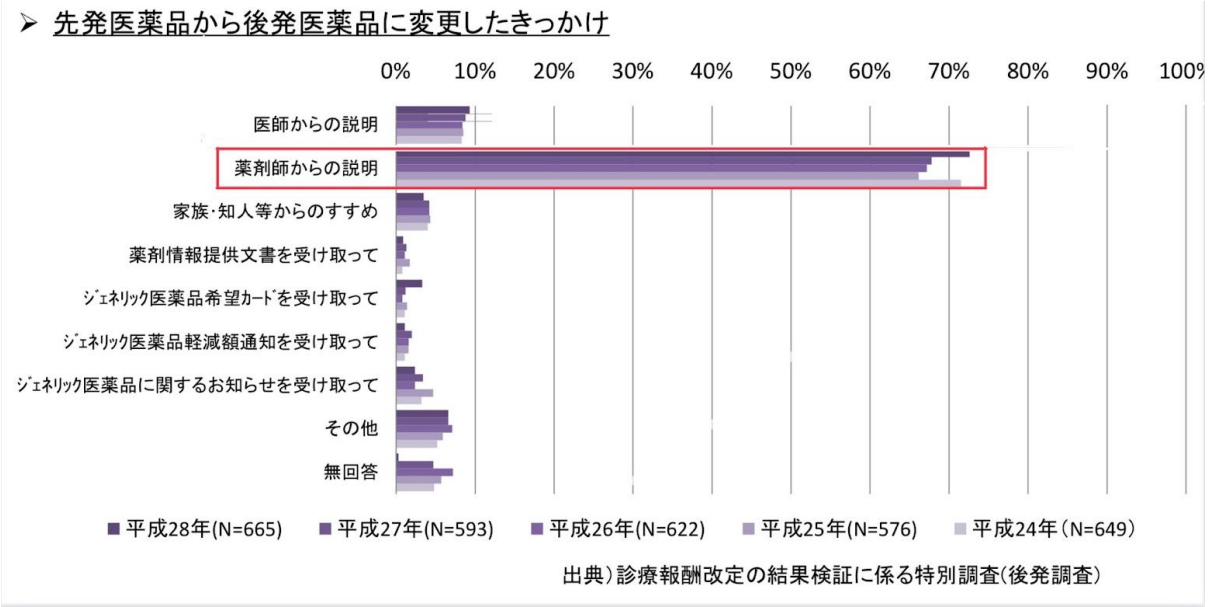


図２

６　結論

国民医療費が増大している現状があり、医療システムを維持していくためにも解決する必要がある。そこで薬剤費において約１兆円の削減が可能であることが分かった。その削減方法を考察したところ、「適切な情報提供を行う」や「薬剤師の質問を義務化」といった方法が効果的であることが分かった。この２つを行い、国民医療費の増大を抑えることを提案する。

７　参考文献

1）保険局　調査課“令和 4(2022)年度　国民医療費の概況“2024ー10-11 厚生労働省 https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/22/dl/data.pdf

2）保険局 医療介護連携政策課医療費適正化対策推進室“保険者別の後発医薬品の使用割合（令和６年３月診療分）を公表します“ 2024ー10-29　厚生労働省 https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_44606.html

3）厚生労働省大臣官房審議官（医薬担当）“ジェネリック医薬品使用促進策について“2017ー7-18 厚生労働省　http://www.nihs.go.jp/dnfi/rs/iyaku/iyaku2017/01M0.pdf

ストレスチェックの効果を高めるために

理数科３年（1 名）

Stress checks are conducted to prevent mental health problems among workers. The Ministry of Health, Labor and Welfare (MHLW) is currently planning to extend this requirement to include workplaces with fewer than 50 employees. Until now, stress checks have only been mandatory in workplaces with 50 or more employees. If this system is implemented, all workplaces will be required to conduct stress checks, meaning more people will be affected. However, many people do not feel that the current system is effective. In light of this, we have proposed a new approach to the stress check system.

１　要旨

ストレスチェックは労働者のメンタルヘルス不調を未然に防ぐ目的で行われている。現在、厚生労働省は、今まで義務化されていた５０人以上の事業場に加え、５０人未満の事業場でもストレスチェックを義務化する方針を示している。これが実施されるとすべての事業場で義務化され、より多くの人がストレスチェックを行うこととなる。しかし、この制度に効果を感じない人も多くいる。そこで、制度が変わる時に合わせてより効果のあるものにするストレスチェック制度の流れを提案した。

２　研究目的

労働者の健康を守る取り組みの一つであるストレスチェックの現状を調べ、より効果のある方法を考える。これによって近年増加しているメンタルヘルス不調者を減少させることを目指す。

３　研究方法

インターネットを用いてストレスチェックの現状について調べる。また、自身でストレスチェックを受ける。そこで感じた課題をまとめ、この課題が実際にどのような状態であるか新潟県立高田高校の教員にアンケートを取ることで、ストレスチェックについて理解を深める。

４　結果

私がストレスチェックを受けて感じた課題は、①質問数が多い、②効果をあまり実感できない、の二つであった。同じように感じている人はどれほどいるのか、新潟県立高田高校の教員にアンケートを取ったところ、グラフ１のようになった。この結果から私と同じように感じている新潟県立高田高校の教員は半数以上いることがわかった。

５　提案

この結果とインターネットで調べた現状を踏まえて「AI を活用したチャットの導入」を提案する。具体的には職業性ストレス簡易調査票 (簡略版２３項目)を使用し、多くの事業場で取り入れられている５７項目の質問から質問数を減らす。回答を自動で分析した後、結果をもとに AI とのチャットを開始する。これを実施することで従来のストレスチェックがよりよくなり、メリットが２つあると考える。

１つ目はより個人に合ったアドバイスをもらうことができるということである。
選択式の質問では多くの人に当てはまる普遍的な質問が多くなってしまう。そのため個人的な悩み等を各自で入力できるチャットは、これまでのストレスチェックよりも効果が高いと考える。チャットを通じて自分の体や心の状態を詳しく伝えることができるため、選択式の質問だけでは拾いきれなかった個々の詳細の状況を踏まえて、アドバイスをもらうことができる。また、質問数を減らし、チャットを使用することで、回答者を飽きさせず、より効果的な制度になると考える。

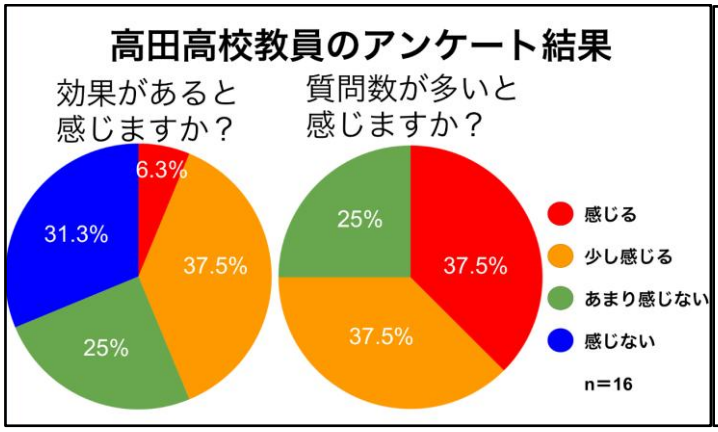
２つ目は高ストレス者を専門家につなげやすくなるということである。

ストレスチェックで高ストレス者と判定された人は医師等の専門家に相談することが良いとされているが、現状として面談指導を申し出る人の割合は少ない。（グラフ２）これは事業者に高ストレス者であることを明かしたくないことや、面談のハードルが高いことが考えられる。ここで AI チャットを使用することで事業者に知られず相談ができる、そして面談の前にチャットを挟むことで面談のハードルを下げる事ができると考える。

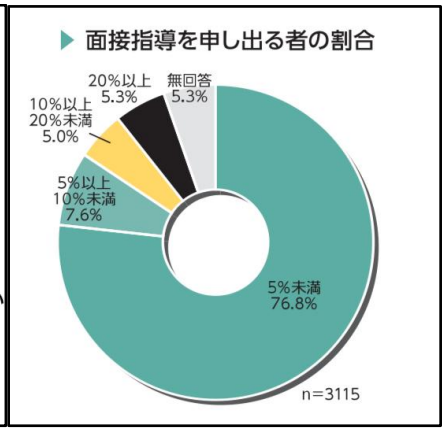
６　結論

特に分析結果を十分に活用できるような大規模の事業場では、質問数減少によるデメリットが大きい一方で、プライバシーの観点から結果の活用が難しいとされる小規模では、解決策の効果は大きいと考えられる。また、私の提案はアンケートや現状のデータからでは効果があると考えられるが、実際に実施をしていないため、本当に効果があるかは分かっていない。今後は提案を実施し効果を確かめる事、そして事業場全体での結果の活用についても考えていきたい。

グラフ１



グラフ２



７　参考文献

ストレスチェック制度 導入マニュアル　厚生労働省
https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/pdf/150709-1.pdf
ストレスチェック制度等のメンタルヘルス対策に関する検討会 中間とりまとめ案　厚生労働省
https://www.mhlw.go.jp/content/11201250/001314987.
ストレスチェック制度の効果的な実施と活用に向けて　厚生労働省
https://jsite.mhlw.go.jp/kagoshima-roudoukyoku/content/contents/2023-0123-6_5-4.pdf

学生の視力の現状と解決策

理数科 3 年（1 名）

I discussed the future prospects for improving the problem of poor vision in students, while confirming whether solutions such as Gabor Eye and perspective training are actually effective for students.

１　要旨

学生の視力低下という問題を改善するためにガボールアイや遠近法トレーニングなどの解決策が実際に学生に効果があるのかを確かめつつ、これからの展望について考えた

２　研究目的

現在、世界的に見ても学生の視力低下が問題となっている。そして、日本でも学生の視力低下は大きな問題となっている。そこで、この視力低下という問題に対して、現状や危険性を学生の方認知してもらい、その上で、どのような改善策を行っていけばよいかを考察する

３　現状

グラフ〈＊1〉を見てもらうとわかる通り、視力が裸眼で 1.0 未満の方の割合が平成 10 年の時に比べて増えており、増加傾向にあることがわかる。次にグラフ〈＊2〉（このグラフは令和 4 年度の視力が 1.0 未満の方の視力の程度をより細かくしたもの）を見ると、視力が 0.3 未満の方の割合が最も多く、日常生活を送る上でメガネやコンタクトが常に必要となってくる方が多いことがわかる。

４　原因

学生は近視による視力低下が最も多い。近視になる要因としては主に遺伝的要因と環境的要因の２つがある。遺伝的要因は主に両親の近視の有無が関係している。両親とも近視でない子どもに比べて、片親が近視の場合は２倍、両親が近視の場合には約5.7倍の確率で子どもも近視になりやすいと言われている。次に環境的要因について説明する。環境的要因は主に近視になるメカニズムが関係しており、人間は近くを見る時間が長くなると、ピントを合わせるための眼の筋肉が緊張して遠くを見ても筋肉が緩みにくくなる。そしてこの状態が続くことで近視になりやすくなると考えられる。学生は学業やスマホの使用で近くをずっと見る機会が多いので近視になりやすいと考えられる。

５　近視による視力低下のリスク

主に 3 つあり、1 つは失明につながる病気への発症リスクが上がること、2 つ目は将来的な認知症のリスクアップ、3 つ目は夢や不眠症といった病の発症リスクアップである。1 つ目の失明につながる病気への発症リスクは、近視が進行することで、緑内障、白内障、強度近視の発症リスクが上がることで失明のリスクが上がる。特に強度近視がさらに進行し、病的近視とまで呼ばれるものになると発病者の約一割が最終的に失明する。さらに認知症のリスクも視力不良の方は視力良好の方に比べて 2.6 倍になることもわかっている。（奈良県立医科大学調べ）認知症のリスクアップは目から入ってくる情報が減ることで脳への刺激が減り、認知症になりやすくなる。そして、視力の低下による将来的な不安による精神の負荷により、鬱や不眠症のリスクも上がると考えられる。

６　対策

1 つ目の対策は遠近法トレーニングである。近くと遠くを交互に見ることでピント調整を行う毛様体筋という筋肉がほぐれる。これは先ほど説明した、近視になるメカニズムを断ち切ることができ、その上どこでも行うことができるのが利点である。次にホットタオルの使用である。これは目を温めることで目の周りの血流を良くしてピントを調整する筋肉をほぐすことができる。そ

して最後にガボールアイに取り組むということである。グラフ〈＊3〉のガボールパッチを用いて行う。ガボールパッチが並んでいるのを見て、同じ柄のものを探す、ただこれだけである。これで視力を上げることができる。仕組みとしては、脳の機能が関係している。視力というのは脳と眼の機能に関わっており、ガボールアイは眼の機能ではなく、脳の情報処理能力と情報加工能力を上げることで視力を上げる。

5の1つ目と2つ目の改善策は科学的に証明されている。そして実際の眼科の先生に話を聞いたのだが、やはり目の筋肉を休めることができ、効果的とのことだった。そして、3つ目の改善策だが、これらは日本には調べたところ論文等が存在しなかったが、カルフォルニアの大学とブラウン大学が共同で行った研究では視力改善で効果的だという研究データが出ている。これに関しては、ガボールアイはノーベル物理学者のD・ガボール博士という海外の方が考案した物なので、まだ日本ではそこまで広まってないからだと考えられる。そしてこれらの改善策が本当に学生にとって有効なのかを確かめるために実験を行った。

7　検証の条件

被験者
私(17歳) 右目 0.1 左目 0.1 近視、乱視
協力者1(14)右目 0.5 左目 0.7 近視
協力者2(15)右目 0.2 左目 0.1 近視

検証内容
遠近法トレーニング1日3回(7:00　18:00　22:00)　30秒ほど
ホットタオルの使用　1日1回(19:00)　タオルが冷めるまで
ガボールアイ　1日1回(18:00~21:00)　約5分

そしてこれらの改善策を試す条件は上記の内容で行った。できる限り同じ時間帯で、同じ時間内になるように意識して行った。視力の測定は学校の視力検査と同じ条件でランドルト環というものを用いて、視力測定にはランドルト環の位置や場所を覚えてしまわないように視力測定で使う視力測定の紙は5枚用意し、ローテーション式で行った。

8　結果

グラフ〈＊4〉より、わかったことはある程度の視力を保っている人の方が視力は比較的上げやすく、逆に視力がかなり落ちている方は視力が上がりにくいということがわかった。私と協力者2の方とで微妙に結果が異なるのは、協力者2の方の視力は0.1～0.2なのに対して私自身の視力は0.1とここに記載しているが、実際はこれより下を計れなかったからなので、それが結果に影響を与えてしまっている可能性があることと、乱視の有無が関係していると考えられる。ですが、視力が0.1の状態でも実際に視力を上げられるということがわかった。

9　まとめ

学生の視力低下の原因は基本的に明白だが、改善はできていない。その理由として、学生は目に悪いとわかっていてもしないといけないことが多いので一人一人が対策する必要があると考える。対策の中でも特にガボールアイは視力回復に有効であり、さらには一日に3～5分程度の時間、行えばよいので忙しい学生にとってもやりやすいものであった。

10　今後の展望

・引き続き改善策を行なって変化を確認する
・これらの改善策は効果があることがわかったので、これらを学生の間で認知してもらう必要がある。よってどのように広めていくかを考える

年度	平成10年	平成20年	平成25年	令和元年	令和3年	令和4年	令和5年
小学生	26.3%	29.87%	30.52%	34.57%	36.87%	37.87%	37.79%
中学生	50.3%	52.60%	52.79%	54.47%	60.28%	62.23%	60.93%
高校生	62.5%	57.98%	65.84%	67.64%	64.41%	71.56%	67.80%

〈＊1〉

区分	1.0未満~0.7以上	0.7未満~0.3以上	0.3未満	合計
小学校計	11.98	13.90	11.99	37.87
中学1年	12.86	19.04	23.75	55.65
中学2年	13.56	20.25	28.49	62.30
中学3年	10.78	22.41	32.47	65.66
中学校計	12.39	20.58	28.26	61.23
高校1年	16.09	21.94	38.51	76.54
高校2年	8.62	14.98	41.97	65.57
高校3年	8.98	16.93	46.49	72.40
高等学校計	11.39	18.06	42.11	71.56

〈＊2〉

〈＊3〉

	1日後	3日後	5日後	7日後	10日後	13日後	15日後	18日後	21日後	24日後
私	0.1 0.1	0.1 0.1	0.1 0.1	0.1 0.1	0.1 0.1	0.2 0.1	0.1 0.1	0.2 0.1	0.2 0.1	0.2 0.2
協1	0.5 0.7	0.5 0.7	0.6 0.7	0.5 0.7	0.6 0.6	0.7 0.7	0.7 0.7	0.7 0.8	0.8 0.8	0.8 0.9
協2	0.2 0.1	0.2 0.1	0.2 0.1	0.2 0.1	0.3 0.1	0.3 0.1	0,3 0.2	0.3 0.3	0.3 0.3	0.4 0.4

〈＊4〉

参考文献

鈴木眼科④
https://totsuka-suzuki.com/blog/4
眼の健康と視力を守ることが使命の医療法人　新光会①
https://www.sinkokai.or.jp/
文部科学省　児童生徒の近視実態調査について②
https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2024/attach/mext_01403.html
国立がん研究センター　予防研究グループ　強度近視とその関連因子について③
https://epi.ncc.go.jp/jphcnext/pabulication/individual.html?entry_id=61
NHK　近視の常識が変わる④
https://www.nhk.or.jp/gendai/articles/4351/
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科眼科学分野④
https://www.hsl-kyousei.com/blog/detail.html?id=330
視力ケアセンター②
https://shiryoku-care.com/sightdata/
Improved vision and on-field performance in baseball through perceptual learning⑤
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982214000050

AI を活用した生活習慣病の予防

理数科 3 年（1 名）

In an attempt to reduce the number of patients with lifestyle-related diseases, I researched preventive methods using the Internet. In a recent study, we found several papers showing that artificial intelligence (AI) is effective in predicting the onset of disease. Therefore, we discussed the practical operation of this AI. This time, we discussed the case of AI in a smartphone application, in that it can be easily initiated by anyone who has a smartphone.

1 要旨

生活習慣病の患者を減らそうと思い、予防法についてインターネットを用いて調べた。最近の研究で AI（ artificial intelligence:人工知能）が発症の予測に効果的であることを示す論文が複数見つかった。そこで、その AI の実用的な運用方法について考察した。今回はスマートフォンを持っている人であれば簡単に始められる点で、スマートフォンアプリに AI を搭載する場合について考察した。

2 研究目的

現代の日本で社会問題となっている生活習慣病は遺伝的要因と環境的要因に起因すると考えられている。どちらか片方の要因を考察する AI を開発した研究は見つかったが、2 つの要因を同時に考察する研究は見つけられなかった。そこで、開発された AI を組み合わせて効果的な活用法を考察することを目的とする。

3 研究方法

インターネットを用いて論文を探し、実用的な AI を見つけ、それらを組み合わせて効果的な活用法を考察する。今回は既存のスマートフォンアプリに健康診断データと遺伝子検査のデータを入力し、AI の分析・予測機能を利用するという設定にした。そして、期待できるメリット、デメリットと解決策を考察する。

4 結果と考察

先行研究(6 の(1))によって、生活習慣病 5 疾病(糖尿病、肥満症、高血圧症、脂質異常症、肝機能障害)の 6 年以内の発症を 90%程度の精度で予測できることが分かった。また、先行研究(6 の(2))によって、遺伝子 と生活習慣病 4 疾病(冠動脈疾患、Ⅱ型糖尿病、脂質異常症、高血圧症)の相関による疾患のリスクを評価できることが示された。現在配信されている健康管理アプリには体重や自分で決めた目標から食事、運動プランが提案されるものであるが、これらの人工知能を用いることで客観的で個別的なプランを提案することができる。しかし、1 日ごとに食事を提案されるのであれば自分の食べたいものが全く 食べることができないためにアプリを継続的に使うことが難しい。そこで、1 週間単位でプラン、目標を 立てることで、継続的に使うことが難しいという問題は軽減されるだろう。また、遺伝子データを入力することで薬剤をより適切に投与することも可能になるだろう。今後の課題としては個人情報を保護するために医療機関や政府と連携する必要があること、また、治療法や薬剤の選択のために医療カルテとも連携することが挙げられる。

5 結論

本研究では人工知能を搭載したスマートフォンアプリを用いた生活習慣病の予防について考察した。スマートフォンアプリならではの手軽さは優れた点であるが、個人情報保護などの問題点も残されている。今後も様々な場合を想定した考察を深めていく必要があるであろう。

6 参考文献

(1) 道庭賢一 田中孝宏 小澤政博 春木耕祐, “健康診断データによる生活習慣病 6 年以内発症のリスクモデル” jstage, 2022-11-22, https://www.jstage.jst.go.jp/article/ningendock/37/5/37_792/_pdf/-char/ja, (参照 2025-01-13)

(2) 大阪大学, “ポリジェニックリスクスコア×機械学習で紐解く 生活習慣病の遺伝的リスクと予防効果と の関係”, 大阪大学, 2024-10-04, https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2024/20241004_2, (参照 2025-01-13)

外科医の減少とロボット手術

理数科 3 年（1 名）

The number of surgeons is decreasing, and more efficient medical care is needed. Robotic surgery provides less invasive procedures and shorter recovery times. This study proposes online training using AR, VR, and AI to improve the training system and discusses its possibilities.

1　要旨

近年、外科医の減少により、医療提供の効率化が求められている。こうした中、身体への負担が小さく、効率的な治療が可能なロボット支援手術が注目されている。本研究では、ロボット手術普及の課題となるトレーニング体制に着目し、AR・VR 技術や AI を活用したオンライン型トレーニングの導入を提案し、その可能性について考察した。

2　研究目的

ロボット支援手術の需要が高まる一方で、ライセンス取得に必要なトレーニングの多くが限られた施設での実施に限られており、指導者や設備の不足から受講のハードルが高くなっている。特に地方や離島の医療現場では、術者ライセンス取得のために都市部まで移動する必要があり、時間・費用の面で負担が大きい。また、臨床業務の合間に指導者の確保やトレーニング時間の確保が難しいなどの課題がある。こうした現状をふまえ、より多くの医師が柔軟にトレーニングを受けられる体制のあり方を検討するために、本研究を行った。

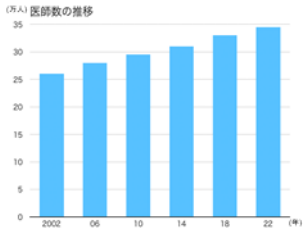
3　研究方法

ロボット支援手術のトレーニング体制や課題について、国内外の制度や課題に加え、海外の AR・VR シミュレーション導入例、既存の製品や費用についても調査を行った。また、導入実績のある医療機関や実際に使用されているシミュレーター（例：FlexVR など）の事例も参照し、オンライン型トレーニングの可能性について考察した。

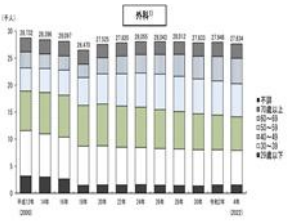
4　ロボット手術とは

ロボット支援手術とは、医師が操作するロボットアームを用いて行う手術のことを指す。医師は専用の操作機器を通じて、患者の体内に挿入されたロボットアームを遠隔操作し、より正確で繊細な手術が可能となる。特に、患部を拡大して確認できる高画質の 3D 映像や、手の震えを自動的に補正する機能などがあり、従来の手術に比べて身体への負担が少なく、回復も早いとされている。現在は主に、消化器外科や泌尿器科、婦人科などを中心に導入が進められている。

5　現状と課題



右図上は 2002 年から 2022 年までの医師数の推移を示しており、医師全体の数は年々増加していることがわかる。一方で、右図下に示した外科医数は横ばい、もしくはやや減少傾向にあり、特に 40 代以下の若手外科医の数が減少していることが明らかとなっている。これは、将来的にベテラン外科医の引退によって、外科医不足が深刻化する可能性を示唆している。



こうした背景から、限られた外科医の中でも、より効率的で質の高い医療を提供する手段として、ロボット支援手術の普及が注目されている。ロボット手術は、患者の身体への負担を軽減しつつ、高精度な手術が可能であり、今後の外科医療を支える重要な技術と考えられている。

しかしその一方で、ロボット手術を担当するためには術者としてのライセンス取得が必要であり、そのトレーニングには以下のような段階が必要とされている。

1. オンライントレーニング　　E ラーニングを利用し、座学で基礎知識の習得を行う
2. オンサイトトレーニング　　概要や使用方法、基本操作を学び、サージョンコンソールでの操作訓練などを行う
3. ケースオブザベーション　　指定の施設で執刀や手術室の運用を見学する
4. TR100 ベーシックトレーニング　診療科ごとの演習など、操作技術を学ぶ

このようなプロセスの中で以下のような課題があげられる。

●トレーニングを受けられる施設が限られており、地方や離島などの医師にとってアクセスが困難
●継続的なトレーニングが必要だが、指導者の数が不足している
●忙しい臨床業務の合間に、まとまったトレーニング時間を確保するのが難しい
●シミュレーター機器や施設整備にかかる費用が非常に高額で、導入が進みにくい

6　提案

これらの課題を受け、提案するのはトレーニングのオンライン化だ。提案するトレーニングの流れは以下の通りである。

1. e ラーニング（動画学習）
   従来と同様に、基本的な知識や操作方法を動画教材で学ぶ。繰り返し視聴ができ、基礎を確実に身につけられる。
2. VR シミュレーショントレーニング
   専用 VR 機器で、実際の操作に近い仮想環境での練習が可能。手の動きや視野の切り替えもリアルに再現される。AI がトレーニングデータを分析し、技術的なアドバイスを自動で提供する。特に、操作の速度、精度、視点の切り替え頻度などのログデータをもとに、習得度の可視化が可能である。たとえば「縫合操作に時間がかかっている」などの傾向を自動的に判断し、該当する練習セクションを重点的に行うようアドバイスが提示される。
3. 症例見学
   オンラインで基礎トレーニングを終えた後、実際の手術現場を見学し、現場での運用を学ぶ。

このようなオンライン型トレーニングの導入により、地方や離島など限られた環境にいる医師であってもトレーニングを受けやすくなり、ロボット支援手術の普及につながると考える。

しかし一方で、ロボット操作における微妙な手応えや力加減を、シミュレーション上でどこまで再現できるかという課題もある。また、学習の進度や理解度の把握が難しい点や、拡張現実などでの訓練が、実際の手術にどれほど対応できるのかといった懸念もある。ただ近年では、AR などを活用した訓練によって、医師の技能向上や手術時間の短縮につながったという報告もあり、今後の活用に期待が寄せられている。

7　まとめと展望

本研究では、外科医の減少が進む中で、今後も質の高い医療を持続していくための手段として、ロボット支援手術の普及が重要であることを示し、その普及の鍵となるトレーニング体制に注目した。特に、時間や場所の制限がある医師にとっても、より柔軟に訓練ができる環境の整備が求められており、AR・VR・AI を活用したオンライン型のトレーニングの導入を提案した。

オンライン化によって、指導者が不在でも個別対応の指導を受けることが可能となり、地方や離島などの医師にも訓練の機会が広がると考えられる。しかしその一方で、操作時の繊細な感覚の再現や、訓練内容の評価方法など、新たな課題も見えてきた。今後は、たとえば AI による進度判定や、段階的な評価制度（レベル分け）を設けることで、習得度を可視化する仕組みが必要である。

また、オンラインでの訓練だけで手術ができるようになるわけではなく、最終的には実機を用いた対面でのトレーニングも不可欠である。オンラインと対面、それぞれの長所を活かし、段階的に進められる仕組みづくりが重要である。

今回は主にトレーニング体制に焦点を当てたが、ロボット手術の導入や維持には高額な費用がかかることも大きな課題である。トレーニングの仕組みだけでなく、費用面の負担軽減や制度的な整備など、今後はさらに多方面からのアプローチが求められる。

8　参考文献

1) 令和４(2022)年医師・歯科医師・薬剤師統計の概況 ｜ 厚生労働省
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/ishi/22/dl/R04_kekka-1.pdf
2) ダビンチトレーニングプログラム
https://www.intuitive.com/ja-jp/-/media/ISI/Intuitive/Pdf/da-vinci-training-program-jp-1056304.pdf

AED の使用率を上げるには

理数科 3 年（1 名）

In Japan, about 79,000 people die annually from sudden cardiac death, about 200 people a day. This is a large number compared to the annual number of deaths from traffic accidents. The use of AEDs (Automated External Defibrillators) installed in towns and cities to administer electric shocks to the heart can greatly increase the survival rate, but the AED use rate in actual collapsed situations in Japan is very low, at about 4%. I wondered if the number of AEDs installed in Japan was low, but it turns out that there are approximately 670,000 AEDs installed in Japan, making it an “AED superpower. Based on a variety of information, I examined what causes the low usage rate in terms of accessibility of AEDs, provision of information on where to install them, and hesitation that occurs when using them. Then, based on these considerations, I will come up with a solution, taking into account whether the cost and effectiveness of the solution are commensurate with the cost to realize it, and whether some people, such as those who do not know about the area, will not have difficulty using it.

1　要旨

日本では、心臓突然死で年間約 7.9 万人が亡くなっており、一日に約 200 人が亡くなっている。これは、交通事故による年間の死者数と比較すると多い数である。そこで、街中に設置されている AED（自動体外式除細動器）を使用し、心臓に電気ショックを行うことで、生存率を大きく高めることができるが、日本の実際に人が倒れた状況での AED 使用率は約 4%と非常に低い状態にある。設置数が少ないのかと考えたが、日本の AED 設置数は約 67 万台であり、『AED 大国』と呼ばれていることから、設置数は主な原因ではないことがわかった。では何が使用率が低いことの原因なのか、様々な情報をもとに、AED へのアクセスのしやすさ、設置場所についての情報提供、使用するときに生じるためらいなどの側面から考察した。そして、それらをもとに、実現するのにかかる費用と効果が見合っているか、その土地について知らない人などの一部の人が使いにくい状況にならないかなどを考慮し、解決策を考えていく。

2　研究目的

日本の AED 設置数は約 67 万台であり、『AED 大国』と呼ばれているにもかかわらず、使用率は約 4%と非常に低い状態にある。これを引き上げる方法を考えるため、この研究を行なった。

3　原因

AED の使用率が低い原因として、次の 3 つを考えた。

1 つ目は、AED を必要な時に使用できないということである。設置している場所のシャッターが閉まっていたり、自宅からすぐ取りに行ける場所になかったりすることがある。ある団体が全国 2719 人の中で、自宅から最寄りの AED を 3 分以内に取りに行ける人の割合を調べた調査では、18%という結果となり、また、その AED を 24 時間取りに行けるかという条件を追加して調査を行った結果、割合は 13%に低下した。

2 つ目は、AED の場所がわからないということである。これは AED の設置場所に関する情報提供が十分出ないことが原因だと考えられる。

3 つ目は、使用がためらわれてしまうということである。また別の団体が、実際の現場で AED の使用をためらってしまう人々に対して、その理由を尋ねたアンケートの結果、「間違えた使い方をするのが怖い」「命に関する事なので救急隊員を待った方が確実である」といった意見が見られた。

4　解決策

これらの原因について、次の 3 つを考えた。

1 つ目の原因に対しての解決策は、AED のアクセシビリティの向上である。具体的には、コンビ

ニエンスストアやその他の 24 時間営業の施設への設置を増やすといったことが考えられる。

2 つ目の原因に対しての解決策は、AED の設置場所をよりわかりやすくすることである。具体的には、AED があることを示すマークを施設の周りから見て見えやすい場所に設置することが考えられる。

3 つ目の原因に対しての解決策は、AED に対する適切な情報提供である。具体的には、「救急隊を待ったほうが確実」という考えに対し、「死亡率は時間とともに増加し、救急隊を待っていては手遅れになる」という情報や、「間違えた使い方をするのが怖い」という考えに対し、「AED は音声で使い方をガイドしてくれるため、使い方を間違えることはない」といった情報を広めていくことが重要だと考える。

5　総括

AED の使用率を上げるためには、AED を誰もが使いやすいようにすることや、AED についての知識を普及させることが必要である。それを実現するためには、政府や自治体の協力はもちろん、私たちが AED に対して、関心を持つことも重要である。

6　参考文献

PHILIPS ：『心肺蘇生法と AED 調査』結果レポート　自信を持って AED を使用するために
旭化成ゾールメディカル：AED についての基礎知識

超高齢社会における医療・介護の課題

理数科 3 年（1 名）

Japan entered the super-aging society in 2007, when the population aged 65 and over exceeded 21% of the total population. As of September 2024, the aging rate had increased to 29.3%, and is expected to continue to rise. The aging of the population will also place an even heavier burden on society in the form of higher social security costs, a shrinking labor force, and an increased burden on caregivers, as well as cause various problems such as a decline in the quality of life (QOL) of the elderly. In this study, I focused on reducing the burden on caregivers. As a result, we believe that BME (Bio Medical Engineering) technology, such as nursing care robots, is essential to solving these problems. However, the introduction of BME technology, which is indispensable for reducing the burden on caregivers, has not progressed. Currently, only about 10% of all nursing care facilities have BME technology, and many facilities have not yet adopted it. I believe that the problem can be solved by reducing costs through subsidies and grant programs, and by establishing a regional medical network system.

1　要旨

日本は 2007 年に 65 歳以上の人口が総人口の 21％を超える、超高齢社会に突入した。令和 6 年 9 月時点で高齢化率が 29.3%にまで増加し、これからも上昇していくことが推計される。また、高齢化が進むことで、社会保障費の増加、労働力人口の減少、介護人の負担増加など、社会的な負担が一層重くなるとともに、高齢者の QOL（Quality Of Life)の低下など、さまざまな問題が引き起こされる。その中から今回は介護人の負担を減らすことに焦点を当てて考えた。その結果、介護ロボットなどの BME（Bio Medical Engineering)技術が問題を解決していくために必要不可欠だと考えた。

しかし、介護人の負担を減らすためには欠かせない BME 技術の導入が進んでいない現状がある。現在、全介護施設における BME 技術の導入率は約 10%にとどまり、多くの施設では未導入の状態である。

そこで補助金や助成制度によってコストを削減することや地域医療ネットワークシステムを構築することで問題が解決できると考察した。

2　研究目的

研究の目的は、BME 技術の導入率が約 10％にとどまっている現状を踏まえ、その普及を阻む課題を明らかにし、対応策を検討することで、今後増加が見込まれる介護人の負担軽減を目指す。

3　研究方法

インターネットを活用し、先行研究および BME 技術の現状に関する情報を収集・整理し、現状の課題や今後の展望を考察する。

4　結果・考察

介護従事者の負担軽減において重要な役割を果たす BME 技術であるが、その導入は十分に進んでいないのが現状である。現在、全介護施設における導入率は約 10％にとどまり、多くの施設では未導入のままである。この背景には、導入コストや運用体制があまり整っていないといった要因が存在すると考えられる。したがって、補助金・助成制度の活用による経済的負担の軽減や、地域医療ネットワークの構築による情報共有の円滑化が、普及促進のための有効な対策になると考察する。

5　結論

本研究では、超高齢社会における介護人の負担軽減の手段として、BME 技術の導入に着目した。高齢化の進行により、介護現場では人的・経済的負担が増大しており、QOL の低下を含む多様な課題が顕在化している。しかしながら、BME 技術の有効性が認識されている一方で、現時点での導入率は約 10％にとどまっている。その要因として、初期導入コストの高さや運用環境の未整備といった課題が挙げられる。これらの課題に対応するためには、公的補助金や助成制度の拡充による経済的支援、および地域医療ネットワークシステムの整備による情報共有の促進が不可欠である

と考えた。今後はこれらの支援体制を強化することで、BME 技術の普及を促進し、介護人の負担軽減および高齢者の生活の質の向上につなげていく必要がある。

6　参考文献

1）高齢化社会における BME 技術の役割とその応用
https://cir.nii.ac.jp/crid/1390282679297404416
2）ラクカイゴ【人材不足解消にも】介護の質を向上する介護ロボットとは？”
https://www.kaigowiki.com/system/care-robot/
3）介護ロボットポータルサイト “介護ロボット導入活用事例集”
https://robotcare.ip/ip/about/case
4）高齢者・障害者に対応した住宅部品の開発とシステム化
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ jsmbe1987/12/8/12 8_59/_pdf/-char/ja

スマホ依存症の現状と対策

理数科３年（1 名）

Recently, I have spent a lot of time using my smartphone, and I feel it is affecting my sleep and other areas of my life. Additionally, the term 'smartphone addiction' is frequently used and is increasingly being discussed as a social problem in Japan. Therefore, we decided to investigate smartphone addiction. Smartphones are extremely convenient and have become indispensable in our daily lives. However, excessive use can also have a variety of negative effects. For example, it can lead to decreased concentration and physical fatigue. This is a particular problem for high school students. We believe that this has a significant impact on them. Therefore, we have decided to consider measures to reduce or eliminate the problems caused by smartphone dependence.

１　要旨

最近、自身のスマホを使う時間が多く、睡眠や他の生活にも影響を出していると感じている。また、「スマホ依存症」という言葉をよく耳にするようになり、日本でも社会問題として取り上げられることが増えている。そこで、スマホ依存症について調査・研究することにした。スマートフォンは非常に便利で、今や私たちの日常生活に欠かせない存在である。しかし、使いすぎることによってさまざまな悪影響が生じることも事実である。例えば、集中力の低下や身体的な疲労などが挙げられる。これは高校生にとっても深刻な影響を及ぼしていると考える。そこで、スマホ依存によって引き起こされる問題を少しでも軽減、または解消するための対策を考えることにした。まず、実際に高校生がどの程度スマホを使用しているのかを把握するために、データを集めた。また、高田高校の生徒にも同様の問題があるのではないかと考え、自身の学年の生徒を対象にスマホ依存に関するアンケートを実施した。アンケート結果から現状の課題を把握し、それに対する具体的な対策について調査を進め、考察した。

２　研究目的

自身がスマートフォンを使いすぎていると感じ、睡眠や学習に大きな影響を与えてしまっていると感じた。そこで、自身のような症状を改善したり、軽減したりしたいと考え、研究を始めた。

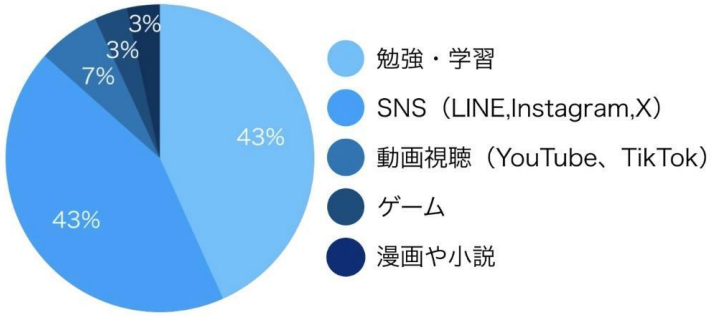
３　研究方法

インターネットでスマホ依存についての情報を集めた。また、自身の学年にスマホ依存症についてのアンケートをとった。そこから考察される課題を設定し、対策を考えた。

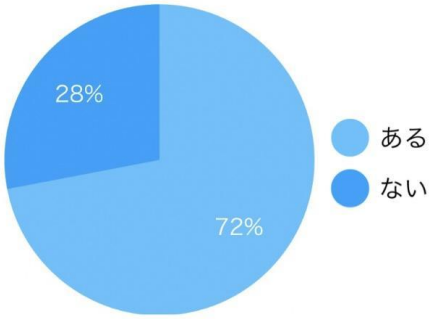
４　研究結果

（1）以下の質問項目で自身の学年にアンケートを行った。

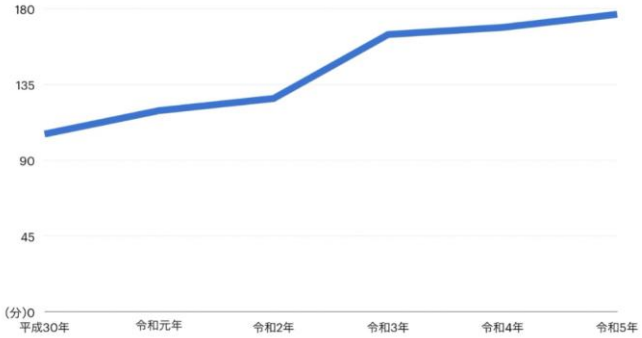
①スマホの主な使用目的を教えてください



②スマホ依存防止のために何か気を付けていることはありますか？



(2) 日本の高校生のスマートフォンの１日の平均利用時間の推移



（引用）子ども庁青少年のインターネット利用環境実態調査より

(3) 日本の高校生のスマホ依存に対する自己認識

男子･･･かなり依存している（39.9%）
やや依存している（40.5%）
女子･･･かなり依存している（33.6%）
やや依存している（40.4%）

（引用）MMD 研究所 2024 年スマホ依存に関する定点調査より

(4) 現在行われているスマホ依存の治療

・入院治療
・薬物療法
⇨体調や生活リズムを整えるサポート

５　考察

アンケートの結果より、スマホ依存を自覚していたり使いすぎていたりする人が増えているにも関わらず、多くの高校生は依存防止に対する意識が低いという課題点を考えた。また、現在行われている治療法から私たちは生活を整えることを意識するべきではないかと考える。

６　結論

以上のことから、私は「睡眠時間を強制する」という対策を考えた。この対策によってスマホの過剰な利用の時間を減らせるのではないかと考える。さらに、生活リズムも改善される対策であるため、早寝早起きという、するべきと言われているようなことなどもできるようになると考える。また、この対策によらずとも、第三者によって制限をかけてもらうことが最も効果的であるのではないかという意見もいただいた。自分では抑えられないが、スマホからは離れたいという人は保護者に相談し、自分のためにスマホと適切な距離に置くことも大切であると私は考える。しかし、我々高校生は社会に出たときは自分で制御しなければならないので、少しずつ自分一人の力でスマホと適切な関係を築くべきであると考える。

7　参考文献

子ども庁青少年のインターネット利用環境実態調査
https://www.cfa.go.jp/policies/youth-kankyou/internet_research/results-etc
MMD 研究所 2024 年スマホ依存に関する定点調査
https://mmdlabo.jp/investigation/detail_2358.html
東邦大学医療センター大森病院
https://www.lab.toho-u.ac.jp/med/omori/mentalhealth/mental/smartphone_dependence/index.html

延命治療における TLT の導入と今後の医療体系の課題・展望

理数科 3 年（1 名）

In today's elderly society, social and ethical issues regarding how life-prolonging treatment should be provided are becoming increasingly serious. In particular, there are many cases in which the confirmation of the patient's wishes is unclear, and disagreements among family members have caused confusion in the medical field. In this study, I focused on the possibility of introducing TLT (Time Limited Trail) as a new method of life-prolonging treatment, and studied its significance and issues. A literature-centered survey suggested that the introduction of TLT can help reduce the amount of necessary medical resources while respecting the patient's wishes. On the other hand, the introduction of TLT into the field requires social understanding and education/training for appropriate operation, which entails many challenges for its penetration into the field. Through these studies, I aim to help realize a more patient-centered healthcare system.

1　要旨

現代の高齢社会において、延命治療の在り方についての社会的・倫理的問題は深刻化している。特に、患者の意思確認が不明確な場合や、家族間での意見の相違によって、医療現場に混乱をきたしている事例が少なくない。本研究では、延命治療の新たな方法として、TLT（Time-Limited Trial：時間制限付き治療）導入の可能性に着目し、その意義と課題を研究した。文献中心の調査により、TLT 導入が患者の意思を尊重しつつ、必要な医療資源の減少に役立つことが示唆された。一方で、現場への導入には、社会的理解や適切に運用するための教育・研修が必要であり、現場への浸透には多くの課題が伴う。これらの検討を通じて、より患者中心の医療体系の実現の一助となることを目指す。

2　研究目的

日本の医療現場においては、本人の意思が不明のまま延命治療が実施される事例が少なくなく、医療者や家族の間で判断に迷うケースが多く、そのプロセスには課題がある。こうした状況に本研究では、患者の意思をより尊重できる仕組みとして TLT に注目し、その有効性と課題について考察することを目的とする。

3　研究方法

本研究では、国内の延命治療における課題と TLT の有用性を調査するために、主に文献調査を行った。調査対象は、国内の文献や、厚生労働省などの統計情報、TLT についての海外の文献などである。

4　結果

本研究では、延命治療における日本国内の課題について、主に厚生労働省などの統計資料や調査データをもとに検討を行った。第一に、人生の最終段階における医療に関する意思決定支援制度である ACP（アドバンス・ケア・プランニング）の普及率は極めて低い。厚生労働省の令和 4 年度の調査によれば、「ACP をよく知っている」と回答した国民はわずか 5.9%にとどまっており、実際に事前指示書を作成している者は全体の 3.2%という調査もある［1］。このことから、延命治療に関する本人の意思確認の体制が制度的に浸透していない現状がうかがえる。第二に、終末期医療に関する事前の話し合いが十分に行われていないという課題もある。2014 年の日本医師会の調査では、「家族と話し合ったことが全くない」と回答した一般国民は 55.9%に上り、事前のコミュニケーション不足が延命治療における判断の困難さにつながっていると考えられる［2］。第三に、死にたい場所と現実の死亡場所との間に大きな乖離がある。厚生労働省の調査によると、約 80%の人が「自宅で最期を迎えたい」と望んでいるのに対し、実際には約 80%が医療機関で亡くなっているという結果が出ている［3］。このような乖離は、患者の意思が尊重されにくい医療体制の象徴ともいえる。また、終末期医療の制度的枠組みに対する医療従事者の理解も十分とは言えない。平成 29 年度の調査では、医師・看護師・介護職のいずれにおいても、厚労省が示した終末期ケアに関するガイドラインを「知らない」と回答した割合が 30〜50%に上っている［4］。このことから、制度としての認知不足が制度運用を阻む一因となっていることが明らかになった。

次に、TLT という意思決定支援の枠組みが、どのように延命治療に影響を与えるかを確認するため、

アメリカにおける実践例および臨床研究を参考に分析を行った。TLT とは、一定期間治療を継続し、その間に患者の容体や反応を見てあらかじめ設定したタイミングで治療の継続・中止を再評価する仕組みである。これにより、患者や家族、医療者が過度な延命に陥ることなく、段階的かつ柔軟に治療の方向性を調整することが可能となる。意思確認が難しい状況下でも、治療の見通しとゴールを共有することで、現場の混乱や倫理的葛藤の軽減が期待されている。特に注目すべきは、2021 年にカリフォルニア州の 3 つの内科 ICU において実施された質改善研究である［5］。この研究では、TLT の導入と同時に、医師を対象としたトレーニングおよび構造化された家族との会話プロセスの介入が行われた。ICU に入院した患者 209 名を対象に、導入前後の比較が行われた結果、TLT 導入後には、形式的な家族会議が実施された割合が 60.2%から 95.8%へと大きく向上し、また治療のリスクとベネフィットについての話し合いが 34.9%から 94.9%に、患者の価値観に基づく意思確認が 46.5%から 98.3%に増加するなど、いずれの項目においても大幅な改善が見られた[2]。これらは、TLT が意思決定の質を高める有効な仕組みであることを示唆している。さらに同研究では、医療資源の使用においても有意な変化が確認されている。ICU 滞在日数の中央値は導入前の 8. 7 日から 7. 4 日へと短縮され、人工呼吸器などの侵襲的治療を受けた患者の割合も、85.8%から 72.9%へと減少した。それにもかかわらず、院内死亡率は約 58%で変化がなく、また家族による満足度評価においても差は見られなかった[3]。これにより、TLT は単に治療を削減するための枠組みではなく、患者本人の価値観に寄り添いながら、適切な治療の選択を可能にする手法であると考えられる。

以上のような実証結果は、日本における延命治療の判断の困難さ、特に「意思確認の未実施」や「話し合いの欠如」といった問題に対し、TLT が有効な解決策となり得ることを示している。治療方針の転換点をあらかじめ設定することで、患者・家族・医療者が対話を重ねながら柔軟に判断できる環境が整うことは、終末期医療における倫理的課題を乗り越えるためにも重要なアプローチである。

5　考察

本研究では、延命治療における日本国内の制度的・文化的な課題を検討した上で、TLT がそれらに対して有効な支援の枠組みとなり得る可能性を考察した。日本の医療制度では、現行でも家族や医師の判断により延命治療の中止が行われることは可能であり、法的にその実施を妨げる明確な障壁は存在しない。しかし、それにもかかわらず、実際には判断が先送りされ、延命治療が長期化するケースが多く見られる。ここにこそ、TLT の意義があると考えられる。TLT は、治療の可否を一度で決めるのではなく、「一定期間治療を行い、経過を見たうえで再評価する」という明確なタイムフレームをあらかじめ設定することで、家族や医療者が過度な心理的負担や倫理的葛藤を抱えることなく、段階的な判断を可能にする枠組みである。つまり、TLT は延命治療の中止という行為そのものではなく、その意思決定に至るまでのプロセスを構造化し、納得感のある合意形成を支援するための手法である。特に日本においては、死を語ることへの抵抗感や、医療現場における過剰な責任回避傾向が、意思決定の曖昧さを助長していると考えられる。こうした文化的背景の中で、TLT のように「期限を切った対話」を制度化することで、患者・家族・医療者の間における価値観の共有が促進され、結果として治療方針の長期化や対立の回避につながる可能性がある。また、TLT の導入により、医療資源の過剰使用を抑制できる可能性が示唆された点も重要である。アメリカの臨床研究では、ICU 滞在期間の短縮や侵襲的治療の減少といった成果が得られており、これは単なる効率化ではなく、患者本人の価値観を基盤とした治療選択を支えるシステムとして機能していることを示している。

一方で、日本で TLT を本格的に導入するには、医療従事者の倫理的判断力やコミュニケーション能力に加え、制度としての整備や国民の理解も不可欠である。TLT は単独で機能する仕組みではなく、ACP の普及や倫理教育の充実と連動してはじめて、実効性を持つと考えられる。

結論として、TLT は延命治療を行うか否かの「選択の自由」を新たに付与するものではない。むしろ、既に存在する選択肢の中で、より納得感のある決定を支援する枠組みとして機能しうる点に、その最大の意義があると考えられる。

6　結論

本研究では、日本の延命治療における課題として、患者本人の意思確認が不十分であることや、終末期医療に関する話し合いの不足、医療従事者の制度理解の不足などを明らかにした。これらの問題は、延命治療の判断を困難にし、結果として不必要な治療の継続や、医療現場における倫理的・心理的な負担を増加させていることが示された。その上で、意思決定支援の枠組みとして TLT に注目し、海外での実践結果をもとに、その有効性を検討した。TLT は、治療を中止する新たな手段ではなく、

「一定期間後に治療方針を再評価する」という構造を取り入れることで、医療現場における対話の質を高め、意思決定の過程をより柔軟かつ建設的なものにする可能性を持つ。今後、TLT のような手法を日本に導入していくためには、制度整備のみならず、国民・医療者の双方に対する倫理教育や終末期医療への理解促進が必要不可欠である。また、文化的背景や現場の実情に配慮しながら、現実的な導入方法を模索していくことが求められる。そして、私たち一人ひとりが「最期をどう迎えたいのか」という問いに目を向け、終末期医療について主体的に考える機会を持つことが、より良い医療の未来を築く第一歩となるのではないだろうか。

7　参考文献

［1］　厚生労働省. (2023). 人生の最終段階における医療に関する意識調査（令和 4 年度）

https://www.mhlw.go.jp/content/000998666.pdf

［2］　日本医師会. (2014). 国民の生命の最終段階に関する意識調査

https://www.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20141112_3.pdf

［3］　日本財団. (2021). 人生の最期に関する全国調査

https://www.nippon-foundation.or.jp/app/uploads/2021/12/20211210_survey.pdf

［4］ 厚生労働省. (2017). 終末期医療に関するガイドライン調査（平成 29 年）

https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10800000-Iseikyoku/0000186713.pdf

［5］ Anderson, W. G., Kools, S., Lyndon, A., et al. (2021). Effect of Time-Limited Trials on End-of-Life Care in Critically Ill Patients: A Multicenter Quality Improvement Initiative. JAMA Internal Medicine, 181(6), 786-794.

https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2021.0121

かかりつけ医制度の課題と解決策

理数科３年（1 名）

I examined the current family doctor system and its shortcomings, and proposed a revision of the system. However, I thought that some problems would arise from this solution, so I also considered how to deal with those issues.

1　要旨

現在のかかりつけ医制度の実態とその欠点について調べ、その解決策として制度の改正について提案した。しかし、その改正からもいくつかの課題が発生すると思い、その対策についても考察した。

2　研究目的

部活中に怪我を負った時にとある整形外科を訪れたのだが、そこは非常に混雑しており、待ち時間が一時間を超えることが常だった。また、受付終了時間の直前に来たことで重症でも診てもらえない患者もいた。そこで病院やクリニックでの待ち時間の課題と現在の医療機関の実態について興味を持ち、その調査を行った。

3　研究方法

整形外科に焦点を置いて、学生の怪我や受診の現場について調べ、アンケートを実施した。

4　現状

図１は平成１６年に整形外科のかかりつけ医がいる学園の運動部の生徒２２７人に取ったアンケートである。部活動などの運動で怪我をした際にどのような対処を行っているかを聞いたところ、全体の約７割の学生がその怪我を放置していることが分かった。また図２は、高田高校の２、３年生１０７人に体育の授業や部活動で怪我をした際の対応についてのアンケートである。すると全体の約２割の生徒が怪我を放置しており、約５割の生徒は保健室に行くと回答していた。図１とは放置する学生の割合が大きく異なるが、図１のアンケートでは「保健室に行く」という解答欄が設けられていなかったためであり、図２からその回答を放置と合わせれば、怪我を放置する生徒の割合は図１並になることがわかる。

放　　置	１６２名	７１％
整形外科受診	２５名	１１％
他科受診	２４名	１１％
民間療法	１６名	７％
計	２２７名	１００％

図１

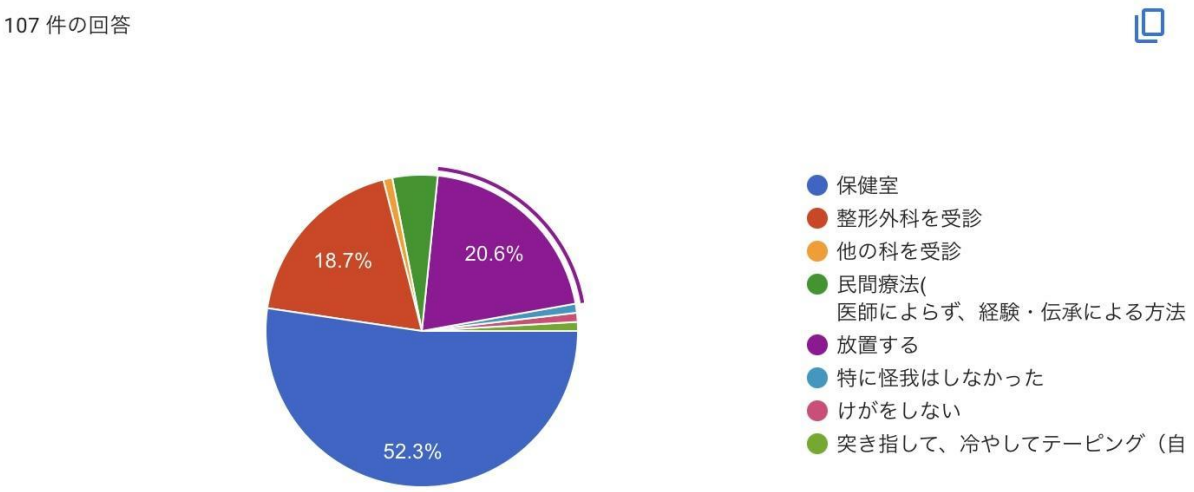


図２

5　解決策

怪我を放置する学生が高いという課題に対して、かかりつけ医制度の改正について提案する。主な流れとしては、かかりつけ医の登録を義務化させ怪我をした場合には必ず受診をする。そして怪我が悪化した際はかかりつけ医から専門医療機関の紹介を受ける。この改正によって、怪我を放置する学生を大幅に少なくすることができ、悪化を防ぐことも可能になる。しかし、その解決策からも新たな課題が生じてしまうため、その対策の考察も行った。

6　考察

かかりつけ医制度の改正から生じる課題として、怪我の判断基準と待ち時間の増加の２つが挙げられる。１つ目の判断基準について怪我をした場合の受診の義務化は、どの程度の怪我から受診を受けるべきか分からない場合が多いことが予想される。そのため、全国版救急受診アプリ(通称Q助)の利用を促進させる。このアプリで手軽に専門医からの意見を聞くことで、受診の有無の迷いが無くなるだろう。2 つ目の待ち時間について、受診をする患者が急増することで待ち時間が増加してしまう。そのため、待合室の一部に机を設置しカフェスペースを設けることで待ち時間中のストレスを軽減させることが可能になる。

7　結論と展望

かかりつけ医制度の改正を行うことで新たな課題が生じてしまうが、現状の課題を解決することを最優先にして考察を行った。しかし、Q 助を普及する方法やカフェスペース用の机の確保など問題点が山積みなので、多面的に省察していきたい。

持続可能な小児医療にむけて

理数科 3 年（1 名）

Modern pediatric care faces many problems, which affect pediatricians as well as patients. In particular, while the importance of pediatric care is growing as the birth rate declines, the increasing burden on pediatricians and the shortage of pediatricians are serious issues. In this study, I propose the introduction of general practitioners into pediatric care, focusing on the issues of “reducing the burden on physicians” and “shortage of pediatricians. By shifting tasks, in which general practitioners are given partial responsibility for medical services, it is expected to increase the number of physicians engaged in pediatric care and reduce the burden on them. However, because there is not enough trust in general practitioners among parents, the introduction of this system is accompanied by challenges. To solve this problem, this study proposes the creation of a new qualification system for general practitioners and the strengthening of public relations activities, and examines measures to increase the trust of parents. Furthermore, I will identify new issues that may arise from the introduction of general practitioners from the perspectives of pediatricians, parents, and the healthcare system, and explore comprehensive improvement measures.

I　要旨

現代の小児医療は多くの問題を抱えており、患者だけでなく小児科医もその影響を受けている。特に、少子化が進む中で小児医療の重要性が高まる一方、小児科医の負担増加や人手不足が深刻な課題となっている。そこで本研究では、「医師の負担軽減」と「小児科医の不足」という問題に着目し、総合診療医を小児医療に導入することを提案する。総合診療医に一部の診療業務を担わせるタスクシフトを行うことで、小児医療に従事する医師の数を増やし、負担の軽減を図ることが期待できる。しかし、保護者の間では総合診療医に対する信頼が十分に得られていないため、導入には課題が伴う。この問題を解決するため、本研究では、総合診療医向けの新たな資格制度の創設や広報活動の強化を提案し、保護者の信頼を高める方策を検討する。さらに、小児科医、保護者、医療制度の観点から総合診療医導入による新たな課題を洗い出し、総合的な改善策を探る。

II　研究目的

現代の小児医療が抱える課題は、医師や小児、保護者といった直接関わる人々だけでなく、間接的に関わる人々にも影響を及ぼしている。つまり、この課題は年々深刻化し、社会全体に関わる問題へと発展している。

本研究の目的は、拡大し続けるこの課題に対して多角的な視点からアプローチし、小児医療現場の負担を軽減するとともに、持続可能な医療提供体制の構築に貢献することである。

III　解決案

1　方法の概要

本研究では、小児医療におけるさまざまな課題に対する解決策として、現行の「小児かかりつけ医制度」の改変を提案する。「小児かかりつけ医制度」は、2016 年に厚生労働省によって導入された制度であり、子どもが継続的に同一の医療機関で診療を受けることを推奨するものである。この制度においては、保護者があらかじめ小児科医を「かかりつけ医」として登録することで、日常的な健康相談、予防接種や健康診断、発熱などの急性疾患に対して一貫した対応を受けることができる体制が整備されている。

この制度のもとでは、医師が子どもの健康状態や生活背景を継続的に把握することが可能となり、より的確な診療や保健指導の提供が期待されている。しかしながら、本制度は小児と小児科医が一対一の関係となる構造を前提としており、小児科医の負担が非常に大きいという課題がある。厚生労働省の統計によれば、15 歳未満人口 10 万人あたりの小児科医数が最も多い鳥取県においても、小児科医 1 人が担当する小児の数は 541 人にのぼり、医師の負担の重さが明らかである。

こうした状況を踏まえ、本研究では、「小児かかりつけ医制度」の改変によって医師の業務負担を軽減し、より持続可能な小児医療体制の構築を目指す提案を行う。

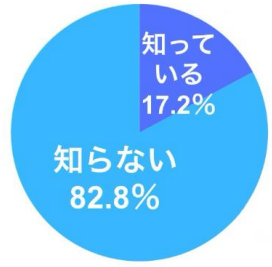
２　改変の内容

本研究における制度改変の提案は、かかりつけ医として小児科医のみならず総合診療医をも選択可能とする点にある。すなわち、小児科医に限定されていたかかりつけ医の対象を、総合診療医にも拡大することで、小児科医に集中していた医療負担を分散させ、柔軟で持続可能な小児医療提供体制を構築することが可能となる。総合診療医が小児の一次医療に関与することで、小児科医の負担軽減が期待できると同時に、地域医療全体の効率性向上にもつながると考えられる。

IV　解決案に対する課題とそれに対する改善案

１　認知度

制度改変を実施するにあたっては、いくつかの課題が想定される。まず、総合診療医という診療科は比較的新しく、一般の保護者にとって認知度が低いという問題がある。そのため、かかりつけ医として総合診療医が十分に選ばれない可能性があり、制度本来の効果が発揮されないおそれがある。この問題に対しては、広報活動を通じて総合診療医の役割や能力について周知を図り、保護者からの理解と信頼を高める必要があると考えられる。また、総合診療医が小児医療を適切に担う能力を有していることを証明する仕組みとして、「資格」を設けることも有効であると考えられる。このような資格制度によって、一定の研修や能力を満たした総合診療医が小児医療に従事していることが可視化され、保護者の信頼性向上につながる可能性がある。



厚生労働省・20歳～79歳の4000人へのアンケートにて
「総合診療科を知っている？」の回答

２　総合診療医の能力、負担や人気度

次に、総合診療医の能力や負担、ならびに人気の低下が懸念される。小児医療に携わるにあたり、総合診療医には小児特有の疾患や発達段階に応じた対応など、専門的な知識と技能が求められる。しかしながら、現行の総合診療医の研修制度では、小児科と救急科においてそれぞれ３か月間の研修が義務付けられており、これに加えて研修内容の充実を図ることで、必要な能力を補完することが可能であると考えられる。また、小児医療に関わることによって総合診療医の業務負担が増加し、結果的に診療科としての人気が低下するおそれもある。このような状況に対しては、前述の「資格」を取得した総合診療医に対して診療報酬の加算を行うことで、医師の意欲向上と人材確保につなげることができると考えられる。さらに、この資格の取得条件として小児医療に関する一定水準の研修を義務化することで、制度全体の質を確保することも可能である。

また、総合診療医の負担軽減を図るためには、小児科医との間で役割分担を明確にするタスクシフトを推進し、それぞれが担う業務内容を整理・明確化することが重要である。これにより、業務の重複や過剰な負担を回避し、医療従事者全体の効率的な運用が可能となる。

V　結論

本研究では、現行の小児かかりつけ医制度の課題を踏まえ、かかりつけ医の対象を総合診療医へ拡大するという制度改変を提案した。この制度改変によって、小児科医に偏っていた業務負担を軽減し、地域医療資源を有効に活用した持続可能な小児医療体制の構築が可能となることが期待される。制度の円滑な実施のためには、総合診療医に対する認知度と信頼度の向上、必要な研修と能力を担保する資格の導入、診療報酬の見直し、ならびに小児科医との役割分担の明確化な

ど、多方面からの施策が必要である。今後は、これらの提案を踏まえた具体的な制度設計とその効果検証が求められる。

VI　参考文献

令和６年度の大学医学部の地域枠について新設・拡大に向け ... - 新潟県
医師数統計公表、増えた診療科・減った診療科－厚労省調査
第 3 部 総合診療医に対する住民の意識調査
総合診療専門研修プログラム整備基準

編集後記

この「令和７年度理数科３年課題研究論文集」は、理数科の生徒が取り組んだ課題研究の成果をまとめたものです。

今期の理数科生は、SSH 指定１１期生、またメディカルコース８期生となります。１学年より大学の先生による各種講演会や大学での実験講座、病院での医療実習など様々なプログラムを体験してきました。これらの経験を踏まえ、１学年の終わりに研究テーマを設定し、２学年から本格的に研究をスタートさせました。

この成果を以下の校内外の発表会で発表し、外部評価者の先生方より多くの指導・助言をいただき、論文集にまとめることができました。

令和６年 ６月 18 日　サイエンスコース課題研究テーマ発表会　本校にて
令和６年 10 月 ９日　東京研修発表会　両国 KFC Hall&Rooms、日本大学医学部附属板橋病院にて
令和７年 １月 21 日　課題研究中間発表会　本校にて
令和７年 ４月 23 日　課題研究発表会 高田城址公園オーレンプラザにて
審査結果：サイエンスコース最優秀賞・庄山悦彦杯 「流水による物体の振動」
　　メディカルコース最優秀賞「外科医の減少とロボット手術」

令和７年 ７月 28 日 第 13 回新潟県 SSH 生徒研究発表会 in Echigo-NAGAOKA　アオーレ長岡にて
ステージ発表「流水による物体の振動」
ポスター発表サイエンス 10 本、メディカル 14 本

令和７年８月 6､7 日 SSH 生徒研究発表会 神戸国際展示場にて
「流水による物体の振動」
第 69 回日本学生科学賞新潟県大会 10 テーマ出品
表彰　優秀賞　「流水による物体の振動」
　　優秀賞　「地域に着目した針葉樹の精油抽出と香りの評価」

この SSH 課題研究の取組は、自然科学や科学技術の発展に貢献し日本を牽引するイノベーション人材育成を目指して実施されていますが、本校からも一人でも多くこのような人材が現れてくれることを期待してやみません。最後に、この課題研究ならびに論文作成にご協力いただいた皆様に深く感謝申し上げます。